



**POTENSI SUMBER KARBOHIDRAT INDONESIA SEBAGAI
INGRIDIEN PANGAN FUNGSIONAL DENGAN KADAR PATI
RESISTEN DAN AKTIVITAS ANTIOKSIDAN TINGGI**

*Potency of Indonesian Carbohydrate as Functional Food Ingredients
with High Resistant Starches and Antioxidant Activity*

Frendy Ahmad Afandi

Kedeputian Bidang Koordinasi Pangan dan Agribisnis, Kemenko Bidang Perekonomian RI
e-mail: frendystp@gmail.com

DOI: 10.33830/fsj.v3i1.4989.2023

Diterima: 19 Maret 2023, Diperbaiki: 20 Mei 2023, Disetujui: 5 Juni 2023

ABSTRACT

Determinants of the glycemic index (GI) of carbohydrate food were described in several publications. Important information regarding the physicochemical properties including starch granule diameter, gelatinization temperature, GI value/category, the content of resistant starch, protein, fat, bioactive compounds, amylose, amylopectin and the ratio of amylose and amylopectin have been observed. However, there was a discrepancy among the published data. This study focuses on the resistant starch dan bioactive compound content. Some sources of carbohydrates that have high resistant starch are black rice, aromatic rice, white sorghum, taro, white canna, yam, breadfruit, banana, peas, red kidney bean, jack bean, pigeon pea, and jackfruit seed. Meanwhile, the sources of carbohydrate foods that contain high bioactive compounds are black rice, purple rice, waxy white corn, waxy purple corn, wheat, rye, barley, white sweet potato, red sweet potato, purple sweet potato, taro, arrowroot, white canna, yam, jacatupe, cocoyam, arenga, banana, date fruit, peanut butter fruit, peas, mungbean, pigeon pea, dan tamarind seed. Most of them are indigenous Indonesian carbohydrate foods with the resistant starch content between 10.63%-78.9% (w/w) and antioxidants content ranging from 150-43200 mg/100g on a dry basis. From the forty-nine sources being observed, only eleven sources are not available in Indonesia. Thus, it encourages for consuming various carbohydrate sources which are abundantly available in Indonesia.

Keywords : *antioxidant activity, degenerative disease, glycemic index, indigenous Indonesian carbohydrate foods, resistant starch.*

ABSTRAK

Faktor-faktor utama penentu indeks glikemik pangan karbohidrat telah dijelaskan dalam beberapa publikasi. Informasi penting mengenai sifat fisikokimia meliputi ukuran granula pati, suhu gelatinisasi, nilai/kategori IG (indeks glikemik), kadar pati resisten, protein, lemak, senyawa bioaktif, amilosa, amilopektin, dan rasio amilosa dan amilopektin telah diamati. Variasi data terdapat di antara data publikasi yang diperoleh. Penelitian ini memfokuskan pada kadar pati resisten dan senyawa bioaktif. Beberapa sumber karbohidrat yang memiliki kadar pati resisten tinggi adalah beras hitam, beras aromatik, sorghum putih, talas, pati ganyong putih, yam, sukun, pisang, kacang polong, kacang merah, kacang koro pedang, kacang gude, dan biji nangka. Sedangkan sumber pangan karbohidrat yang memiliki kadar senyawa bioaktif yang tinggi adalah beras hitam, beras ungu, jagung putih pulut, jagung ungu, gandum, rye, barley, ubi kulit putih, ubi kulit merah, ubi ungu, talas, ubi garut, pati ganyong putih, yam, bengkoang, talas bogor, aren, pisang, kurma, kacang amazon, kacang polong, kacang hijau, kacang gude, dan biji buah asam. Mayoritas sumber pangan karbohidrat tersebut terdapat di Indonesia dengan kadar pati resisten antara 10,63-78.9% (b/b) dan kadar aktivitas antioksidan antara 150-43200 mg/100 g basis kering. Sebanyak 49 sumber karbohidrat yang diamati, hanya 7 sumber karbohidrat yang tidak tersedia di Indonesia. Hal tersebut mendorong pengonsumsian sumber karbohidrat yang terdapat di Indonesia secara beragam.

Kata Kunci : *aktivitas antioksidan, indeks glikemik, pangan karbohidrat Indonesia, penyakit degeneratif, pati resisten.*

PENDAHULUAN

Faktor penentu indeks glikemik pangan karbohidrat telah banyak diteliti di seluruh dunia dan sudah banyak literatur yang tersedia berkaitan dengan pangan karbohidrat yang dikonsumsi oleh manusia. Karbohidrat menyediakan 45-60% dari total asupan energi (Lamothe *et al.*, 2017). Data literatur menunjukkan pangan karbohidrat utama yang dikonsumsi adalah sereal (mewakili 85% karbohidrat yang dikonsumsi di dunia) kemudian diikuti oleh umbi dan kacang-kacangan. Studi tentang pangan karbohidrat lainnya (buah-buahan, sagu, umbi-umbian lokal, dan kacang-kacangan) sangat jarang, meskipun kajian mengenai sifat fisikokimianya sangat menarik (Budijanto dan Yuliana, 2015). Dalam hal ini, pangan karbohidrat perlu dikaji lebih lanjut. Ada banyak referensi tentang pangan karbohidrat, baik terkait komposisi maupun aspek indeks glikemik (Schwingshackl dan Hoffmann, 2013).

Pangan karbohidrat adalah sumber energi utama bagi manusia. Karbohidrat juga dikenal dengan aspek sifat fungsionalnya, yang banyak diteliti manfaatnya terhadap kesehatan, seperti penelitian yang banyak dilakukan di negara-negara barat dan maju. Karbohidrat fungsional memiliki nilai hipoglikemik, anti-obesitas, dan antioksidan (Hughes dan Rastall, 2007). Kadar pati resisten berkontribusi pada karakter tersebut.

Tingginya nilai antioksidan pada karbohidrat terkait dengan efek anti-obesitasnya (Hayes dan Tiwari, 2015). Komponen lain seperti amilosa, lemak, atau protein dilaporkan memainkan peran penting dalam menentukan sifat-sifat tersebut (Arif *et al.*, 2013). Meskipun demikian, hanya sedikit referensi yang dapat membantu memeta-analisis secara komprehensif dari data yang dipublikasikan. Tujuan dari kajian ini adalah untuk melakukan meta-analisis dari berbagai data literatur mengenai kadar karbohidrat secara komprehensif dengan menggunakan data yang tersedia pada berbagai jurnal ilmiah untuk menganalisis dampak kadar pati resisten yang tinggi atau kandungan senyawa bioaktif terhadap sifat fungsional karbohidrat.

METODE

Sumber Data dan Metode Kajian

Referensi mengenai pangan karbohidrat dikumpulkan dari hasil pencarian *scientific* database jurnal internasional bereputasi (Proquest, Ebsco, Cengage Learning, dan Science Direct) dan jurnal nasional terakreditasi (Google Scholar dan mesin pencari Google). Kata kunci yang digunakan untuk mencari adalah pangan karbohidrat (*starchy food*), sifat fisiko kimia (*physicochemical properties*), indeks glikemik (*glycemic index*), kadar karbohidrat (*carbohydrate content*), senyawa bioaktif (*bioactive compound*), dan suhu gelatinisasi (*gelatinization temperature*). Secara keseluruhan, terdapat 49 referensi dirangkum pada Tabel 1 dengan literatur tahun terlama adalah adalah Pernambuco *et al.* (1994). Untuk setiap referensi, kategori indeks glikemik (IG) disebutkan jika informasinya tersedia. Ketika tidak ada keterangan, maka referensi tersebut kategori IG tersebut dikosongkan. Selain itu, ditambahkan juga referensi dari Indonesia, yaitu Indrasari *et al.* (2008), Hernawan dan Meylani (2016), Musa *et al.* (2011), Suhartatik (2013), Suarni (2012), Suprijadi (2012), Herawati (2011), Astawan dan Widowati (2011), Faridah *et al.* (2013), Harmani *et al.* (2016), Nadia *et al.* (2014), Hasbullah *et al.* (2014), Puspitasari *et al.* (2015), Suryani *et al.* (2001), Budijanto (2014), Marsono *et al.* (2002), Santosa *et al.* (2002), Setiarto *et al.* (2015), Iqbal *et al.* (2013), Gilang *et al.* (2013), Maintang *et al.* (2014), Sukatiningsih (2005), dan Hutasoit *et al.* (2014) untuk melengkapi tabel referensi tinjauan pustaka. Referensi-referensi ini mencakup pangan karbohidrat dari sereal, umbi-umbian, kacang-kacangan dan buah-buahan.

Kerangka analisis dari tinjauan pustaka tentang faktor-faktor yang mempengaruhi indeks glikemik pangan karbohidrat, dilakukan dengan dua langkah awal meta-analisis seperti yang dilakukan oleh Vidyatmoko dan Hastuti (2017). Langkah pertama adalah menentukan dan mempelajari topik penelitian yang berkaitan dengan pemahaman indeks glikemik, pengertian pangan karbohidrat, dan faktor-faktor yang mempengaruhi IG serta cara kerjanya. Hasilnya kemudian diringkaskan. Selanjutnya dilakukan identifikasi kata kunci melalui pencarian literatur yang relevan dalam database jurnal secara daring. Pencarian faktor-faktor yang mempengaruhi indeks glikemik pangan karbohidrat dilakukan sesuai dengan yang tercantum dalam Arif *et al.* (2013). Jurnal yang dicari-baik dalam bahasa Inggris maupun bahasa Indonesia yang diambil dari Google, Google Scholar, Proquest, dan Science Direct tanpa memperhatikan tahun publikasinya. Jumlah artikel yang diperoleh di awal adalah 500 artikel. Kemudian diseleksi berdasarkan judul dan abstrak yang sesuai sehingga diperoleh 100 artikel lengkap untuk dinilai kesesuaian isinya. Sebanyak 51 artikel disisihkan sehingga diperoleh 49 artikel untuk ditabulasi. Kriteria penyisihannya adalah artikel tidak relevan, substansi tidak sesuai, dan sumber tidak sesuai. Langkah selanjutnya adalah memilih topik tertentu menggunakan kata kunci sebelumnya sebagai panduan. Sebagian besar publikasi yang diperoleh dari Proquest adalah artikel akademik berupa jurnal dan disertasi. Dari Google, berbagai artikel mulai dari jurnal ilmiah, kertas kerja, makalah konferensi, laporan kelembagaan, disertasi, dan buku. Sumber artikel ilmiah baik dari Google Scholar dan Science Direct mendapatkan beberapa jurnal ilmiah yang dikutip secara luas. Secara umum, jurnal ilmiah yang dijadikan referensi adalah jurnal internasional yang diakui oleh DIKTI (jurnal terindeks dari Thomson Reuter/Web of Science, Scopus, dan Microsoft Academic Search).

Faktor-Faktor Penentu Indeks Glikemik Karbohidrat

Hanya parameter-parameter utama penentu IG pangan karbohidrat yang dirangkum, yaitu ukuran diameter granula pati (DGP), kandungan amilosa (KAM), kandungan amilopektin (KAP), rasio amilosa-amilopektin (RAA), kadar pati resisten (KPR), kadar protein (KP), kadar lemak (KL), kandungan senyawa bioaktif (KSB), suhu gelatinisasi (SG), serat (S), kandungan karbohidrat (KK), kadar pati (KPA) dan indeks glikemik (IG) (Arif *et al.* 2013; Dworatzek *et al.* 2013; Steele *et al.* 2013).

Dalam beberapa kasus, terdapat data yang tidak ada untuk satu atau beberapa parameter. Jika terdapat beberapa data pada parameter tertentu, maka yang digunakan adalah nilai rata-ratanya.

Analisis Data

Variabel penting yang diperhatikan dalam tabulasi data sumber karbohidrat adalah sumber karbohidrat dan tahun publikasi. Adapun keterangan data pendukungnya, seperti tingkat produksi, kondisi saat mengonsumsi, atau sifat fisiologis aktif sumber karbohidrat karena datanya jarang tersedia sehingga tidak dituliskan dalam tabulasi. Data negara-negara yang dirangkum dikelompokkan ke dalam entitas geografis menjadi dua, yaitu Indonesia dan non-Indonesia.

Untuk menilai hasilnya, digunakan diagram kartesius dengan persamaan garis untuk menunjukkan korelasi indeks glikemik dan pati resisten atau antioksidan serta disajikan dalam bentuk diagram lingkaran. Microsoft Excel 2019 digunakan untuk semua analisis statistik (Gherezghier *et al.*, 2017). Kadar pati resisten dikelompokkan menjadi empat, yaitu sangat rendah (<1%), rendah (1-2,5%), sedang (2,5-5%), tinggi (5-15%), dan sangat tinggi (>15%) (Goni *et al.*, 1996). Kadar senyawa bioaktif dikelompokkan menjadi tiga, yaitu rendah (<100 mg/ 100 g), sedang (100-500 mg/ 100 g), dan tinggi (>500 mg/ 100 g) (Vasco *et al.*, 2008).

HASIL PEMBAHASAN

Komposisi utama pangan karbohidrat menurut literatur adalah mengandung >50% untuk kandungan karbohidrat (dalam % b/b), 0,14-78,9% untuk pati resisten, 0,03-29,23% untuk kandungan protein, 0,05-27,40% untuk kandungan lemak, dan 0,06-43200 mg/100 g untuk senyawa bioaktif (Tabel 1). Secara umum, jumlah referensi antar sumber karbohidrat berimbang baik sereal, umbi-umbian, buah, kacang-kacangan, dan sumber karbohidrat lain yang kurang termanfaatkan (*underutilized*) hanya beberapa data saja yang tidak tersedia angkanya. Jumlah data dari sereal adalah yang paling besar.

Pangan karbohidrat diidentifikasi dengan menganalisis korelasi kadar pati resisten yang tinggi (>5%) atau kandungan senyawa bioaktif yang tinggi (>500 mg/100 g) dengan IG. Beberapa sumber karbohidrat yang memiliki kandungan pati resisten tinggi (dalam % b/b) adalah beras hitam (36,59%), beras aromatik (17,9%), sorgum putih (21,89%), talas (35,19%), ganyong putih (16,58%), yam (22,48%),

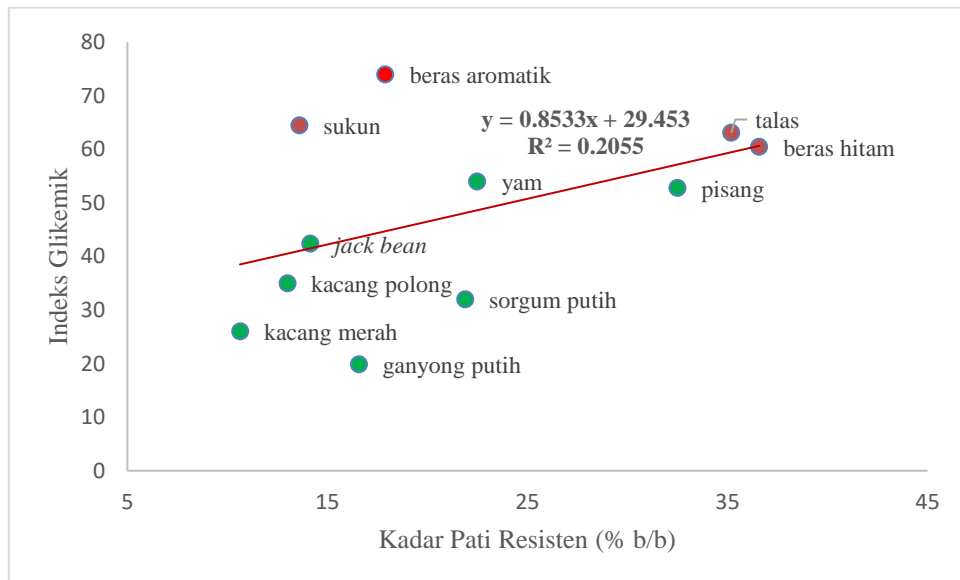
sukun (13,6%), pisang (32,49%), kacang polong (13%), kacang merah (10,63%), *jack bean* (14,15%), *pigeon pea* (78,9%), dan biji nangka (74,26%). Sedangkan sumber karbohidrat yang memiliki kandungan senyawa bioaktif tinggi (dalam mg/100 g) adalah beras hitam (435,1), beras ungu (318,28), jagung pulut putih (10824), jagung pulut ungu (35,19), gandum (1420), *rye* (400), *barley* (641,44), ubi jalar putih (43200), ubi jalar merah (7866), ubi jalar ungu (14173), talas (293), garut (150), ganyong putih (6463), yam (447,3), bengkuang (313), *cocoyam* (602), aren (194,3), pisang (180,6), buah kurma (399), buah selai kacang perak/ *peanut butter fruit* (870,8), kacang polong (360), kacang hijau (507), *pigeon pea* (439,88), dan biji asam jawa (4930). Sebagian besar merupakan pangan karbohidrat asal Indonesia dengan kandungan pati resisten antara 10,63%-78,9% (b/b) dan kandungan antioksidan berkisar antara 150-43200 mg/100 g basis kering.

Pati resisten (PR) mengacu pada bagian pati dan produk pati yang tahan cerna saat melalui saluran pencernaan. PR beragam bentuk dan jenisnya. Pati yang dapat dicerna adalah sumber energi penting bagi manusia dan berkontribusi penting bagi kesehatan. Pati resisten berpengaruh positif terhadap fungsi saluran pencernaan, flora mikroba, kadar kolesterol darah, indeks glikemik dan membantu dalam mengontrol diabetes (Sofi *et al.*, 2017).

Pangan karbohidrat (seperti beras merah, beras hitam, jagung manis kuning, ubi ungu, sorgum merah, dan lain-lain) merupakan sumber penting senyawa untuk memelihara kesehatan dengan baik karena mengandung senyawa fitokimia dan bioaktif alami (Benouis, 2016). Senyawa bioaktif dalam pangan karbohidrat seperti asam fenolik, flavonoid, isoflavon, karotenoid, antosianin, tanin, fitat, oksalat, dan lain-lain. Pangan karbohidrat yang berwarna memiliki senyawa bioaktif yang tinggi dengan kapasitas antioksidan yang tinggi (Thitipramote *et al.*, 2016). Hal tersebut dapat membantu menurunkan risiko penyakit degeneratif, seperti kanker, penyakit kardiovaskular dan neurodegeneratif, kerusakan DNA, atau bahkan memiliki kemampuan untuk anti-penuaan (Obrenovich *et al.*, 2011).

Hubungan antara karbohidrat dengan pati resisten tinggi digambarkan pada Gambar 1 dimana kadar pati resisten sebagai absis dan IG sebagai ordinat. Ada korelasi positif antara kandungan pati resisten terhadap nilai IG. Hasil persamaannya adalah $y=0,8533x+29,453$ dengan $R^2=0,2055$. Hal tersebut sejalan dengan hasil

penelitian Arif *et al.* (2013) yang meneliti tentang nilai indeks glikemik produk pangan dan faktor-faktor yang mempengaruhinya. Pati resisten menurunkan nilai IG karena bersifat tidak larut dan sulit dicerna. Beras aromatik memiliki nilai IG tinggi; sukun, talas, dan beras hitam memiliki IG sedang; dan sisanya memiliki nilai IG rendah (Gambar 1).



Gambar 1. Korelasi Kadar Pati Resistensi terhadap Nilai IG pada Pangan Karbohidrat




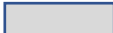

Tabel 1. Berbagai Referensi (n=49) Faktor-Faktor yang Mempengaruhi IG Pangan Karbohidrat dari Literatur

Referensi	DGP (μm)	KAM (% b/b)	KAP (% b/b)	RA A	KPR (% b/b)	S (% b/b)	KP (% b/b)	KL (% b/b)	KSB (mg/100 g)	SG ($^{\circ}\text{C}$)	KK (% b/b)	KPA (% b/b)	Sumber (Kategori IG)
1 Alcazar-alay dan Meireless (2015)	5	23	77	0,3	2,18	0,23	0,1	1	3,2	69,5	78,3	80,0	beras putih (67.9=sedang)
2 Indrasari <i>et al.</i> (2008)	5	8,2	91,8	0,09	0,14	2,71	10,5	0,71	29,7	74	70,2	70,0	beras merah (59=sedang)
3 Hernawan dan Meylani (2016)	5	23,28	76,72	0,30	36,59	7,7	8,16	0,35	435,1	90	79,6	70,5	beras hitam (65,45=sedang)
4 Musa <i>et al.</i> (2011)	5	23,83	76,17	0,31	2,67	1,23	8,50	1,23	3,3	73,6	77,3	82,0	beras cokelat (53=rendah)
5 Klunkin dan Savage (2018)	5	6,42	93,58	0,07	5,55	5,56	12,97	2,77	318,28	89,0	79,6	73,0	beras ungu (48,56=rendah)
6 Lum (2017)	5	10,83	89,17	0,12	17,9	2,73	7,24	0,38	0,48	72,0	92,0	64,8	aromatic rice (74=sedang)
7 Indrasari <i>et al.</i> (2008)	5	7,5	92,5	0,08	4	7,47	9,04	0,66	0,002	70,2	78,9	87,2	ketan putih (79=tinggi)
8 Suhartatik <i>et al.</i> (2013)	5	7,7	92,3	0,08	4	7,47	9,86	0,57	18,31	71,2	78,9	87,2	ketan hitam (74=tinggi)
9 Alcazar-alay dan Meireless (2015)	11,5	28,5	71,5	0,40	4	1,05	6,65	2,25	0,84	68	84	10,5	jagung manis kuning (48=rendah)
10 Zhou <i>et al.</i> (2013)	11,5	2,05	97,95	0,02	3,8	1,5	9,11	2,51	10824	72	71,9	57	jagung pulut putih (41=rendah)
11 Sarepoua <i>et al.</i> (2013)	11,5	21,5	78,5	0,27	8,89	1,5	7,9	2,5	11491	61,1	71,9	63,9	jagung pulut ungu (33=rendah)
12 Suarni (2012)	9	22,73	53,97	0,42	21,89	1,4	8,29	2,80	0,12	73,7	89	66,0	sorgum putih (32=rendah)
13 Suprijadi (2012)	15,5	16,42	63,68	0,26	2,95	1,4	6,88	4,54	0,17	81,1	70,7	78,1	sorgum merah

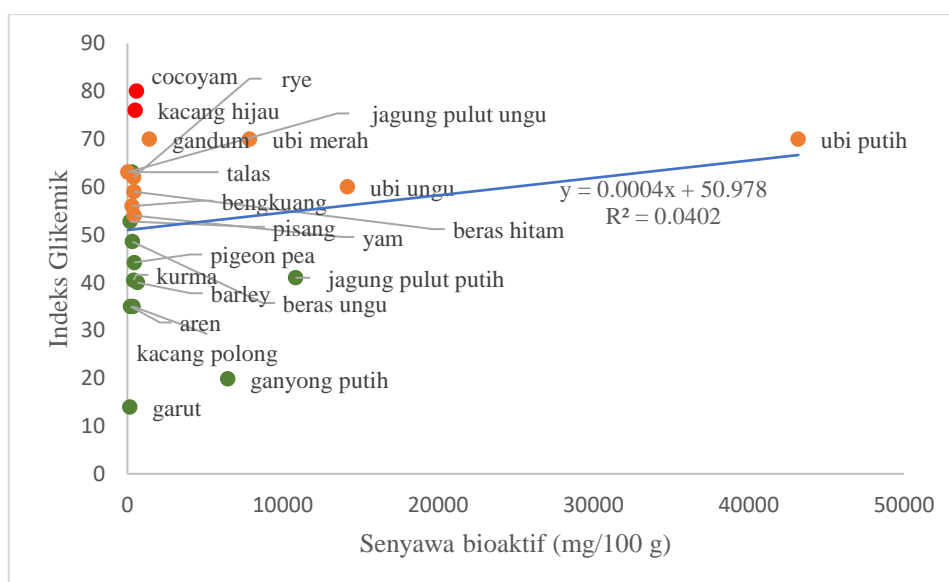
	Referensi	DGP (μm)	KAM (% b/b)	KAP (% b/b)	RA A	KPR (% b/b)	S (% b/b)	KP (% b/b)	KL (% b/b)	KSB (mg/100 g)	SG ($^{\circ}\text{C}$)	KK (% b/b)	KPA (% b/b)	Sumber (Kategori IG)
14	Alcazar-alay dan Meireless (2015)	29	25,6	74,4	0,34	5,5	15,1	0,25	0,10	1420	58	71,0	91,0	gandum (70=sedang)
15	Herawati (2011)	8	23,17	76,83	0,30	0,53	7,22	14,05	3,37	0,22	68,8	66,0	22,1	<i>millet</i> (56,42=sedang)
16	Gomdan <i>et al.</i> (2011)	26	24,2	72,3	0,33	2,2	13,1	0,03	0,33	400	48,6	60,3	60,1	<i>rye</i> (62=sedang)
17	Alcazar-alay dan Meireless (2015)	17,5	20,6	79,4	0,26	7,4	21,02	0,3	0,75	641,44	80	80,5	56,6	<i>barley</i> (40=rendah)
18	Zhou <i>et al.</i> (1998)	6,5	31,95	68,05	0,47	0	32,3	18,3	6,2	4,1	88,3	57,8	38,7	<i>oat</i> (69=sedang)
19	Ramirez <i>et al.</i> (2015)	29,5	23,95	76,05	0,32	2,1	14,59	13,73	1,6	94	80,4	60,6	65,3	triticale (68=sedang)
20	Alcazar-alay dan Meireless (2015)	110	29,3	70,7	0,41	3	7,9	0,1	0,1	86,2	62,5	94	66,5	kentang (82=tinggi)
21	Alcazar-alay dan Meireless (2015)	15	23,7	76,3	0,31	0,62	8,2	0,3	0,2	0,6	58	95	75	singkong (78,7=tinggi)
22	Alcazar-alay dan Meireless (2015)	13,2	32,15	67,85	0,47	3,2	1,85	4,38	2,21	43200	82,5	89	98,9	ubi putih (70=sedang)
23	Osundahunsi <i>et al.</i> (2003)	45	34,16	65,84	0,52	1,37	2,21	5,56	2,28	7866	50	87	60,1	ubi merah (70)
24	Astawan dan Widowati (2011)	10,4	23,02	76,98	0,30	2,0	2,35	4,40	0,75	14173	66	85,8	99,0	ubi ungu (60=sedang)
25	Astawan dan Widowati (2011)	9,4	24,94	75,06	0,33	3,80	1,90	5,47	0,76	0,28	66	90,2	98,5	ubi oranye (62=sedang)
26	Chukwu (2015)	2,02	5,59	94,41	0,06	35,19	13,33	5,57	0,65	293	75,1	88	75	talas (63,1=sedang)
27	Faridah <i>et al.</i> (2013)	37,5	24,64	73,46	0,34	1,35	9,78	0,62	0,45	150	75,1	98,7	98,1	garut (14=rendah)

	Referensi	DGP (μm)	KAM (% b/b)	KAP (% b/b)	RA A	KPR (% b/b)	S (% b/b)	KP (% b/b)	KL (% b/b)	KSB (mg/100 g)	SG ($^{\circ}\text{C}$)	KK (% b/b)	KPA (% b/b)	Sumber (Kategori IG)
28	Harmani <i>et al.</i> (2016)	22,5	18,6	81,4	0,23	16,58	8,59	3,7	0,4	6463	74,2	98,5	86,6	ganyong putih (19,87=rendah)
29	Nadia <i>et al.</i> (2014)	40	14,6	85,4	0,17	22,48	0,11	10,46	0,82	447,3	72,7	77,4	97,6	yam (54=rendah)
30	Hasbullah <i>et al.</i> (2017)	24,49	24,5	75,5	0,33	2,15	13,71	7,20	0,28	25	81	83,0	66,3	suweg (42=rendah)
31	Pernambuco <i>et al.</i> (1994)	8,5	23,0	77,0	0,30	19,41	0,14	0,17	0,33	313	61	68	87,7	bengkuang (56)
32	Pusptasari <i>et al.</i> (2015)	7,00	22,03	34,27	0,64	-	3,43	11,34	2,38	602	81,8	73,4	51,4	<i>purse/cocoyam</i>
33	Kumari <i>et al.</i> (2017)	15,09	32,3	67,7	0,48	-	0,79	1,02	0,62	-	76,3	97,4	97,4	tikhur
34	Momuat <i>et al.</i> (2015)	30	36,89	63,11	0,58	0,98	7,26	0,8	0,34	8	66	98	81,0	sagu (26=rendah)
35	Suryani <i>et al.</i> (2001)	36,31	21,35	78,65	0,27	5,69	0,02	0,10	0,27	194,3	73,5	95,3	73,2	aren (35)
36	Oboh <i>et al.</i> (2015)	18000	22,52	77,48	0,29	13,6	6,1	0,53	0,39	9,6	84,1	92	77,2	sukun (64,50=sedang)
37	Budijanto (2014)	39	20,5	79,5	0,26	32,49	1,8	4,9	0,5	180,6	76,3	93	83,7	pisang (52,78=rendah)
38	Herchi <i>et al.</i> (2014)	-	-	-	-	-	13,25	2,16	0,56	399	-	83,5	16,5	kurma (40,5=rendah)
39	Karunasena <i>et al.</i> (2018)	-	-	-	-	-	45,29	0,32	3,35	870,8	-	50,2	-	<i>peanut butter fruit</i>
40	Marsono <i>et al.</i> (2002)	23,75	31,25	68,75	0,45	13	28,1	26,15	0,05	360	58,4	69,1	32,5	kacang polong (35=rendah)
41	Santosa <i>et al.</i> (2002)	15	25,54	74,46	0,34	9,5	2,8	24,0	1,9	81,4	74,7	52,1	39,3	kacang tunggak merah (29=rendah)
42	Santosa <i>et al.</i> (2002)	15	22,06	77,94	0,28	7,84	2,3	25,2	1,8	64,2	74,0	52,0	40,0	kacang tunggak putih (41=rendah)
43	Setiarto <i>et al.</i> (2015)	22,5	28,8	71,2	0,41	4,59	2,2	22,2	1,2	507	71,5	61,4	56,5	kacang hijau (76=sedang)

Referensi	DGP (μm)	KAM (% b/b)	KAP (% b/b)	RA A	KPR (% b/b)	S (% b/b)	KP (% b/b)	KL (% b/b)	KSB (mg/100 g)	SG ($^{\circ}\text{C}$)	KK (% b/b)	KPA (% b/b)	Sumber (Kategori IG)
44 Iqbal <i>et al.</i> (2013)	40	27	73	0,34	10,63	1,29	17,78	1,1	8	77,5	63,3	33,1	kacang merah (26=rendah)
45 Gilang <i>et al.</i> (2013)	23	37,5	62,5	0,6	14,15	0,11	29,23	27,40	0,605	80,0	51,3	99,0	kacang koro pedang (42,38=rendah)
46 Maintang <i>et al.</i> (2014)	20	29,30	70,7	0,41	78,9	7,16	21,0	1,2	439,88	74,0	65,0	29,7	<i>pigeon pea</i> (44,2=rendah)
47 Sukatiningsih (2005)	7	16,0	84,0	0,19	-	8,2	8,84	5,60	0,06	74,3	65,0	-	<i>breadnut seed</i>
48 Hutasoit <i>et al.</i> (2014)	10,48	32,14	67,86	0,47	74,26	14,7	9,92	6,95	1,62	81,6	75,0	85,5	biji nangka (24,79)
49 Kaur dan Singh (2016)	4,53	14,2	85,8	0,17	-	3,08	20,23	3,90	4930	72,4	59,3	38,9	biji asam

DGP = diameter granula pati; KAM = kadar amilosa; KAP = kadar amilopektin; RAA= rasio amilosa-amilopektin; KPR = kadar pati resisten; KP = kadar protein; KL = kadar lemak; KSB = kadar senyawa bioaktif; SG = suhu gelatinisasi; S= serat; KK=kadar karbohidrat; KPA= kadar pati; IG = indeks glikemik
 : biji-bijian,  : umbi,  : buah,  :kacang-kacangan,  : jarang dikonsumsi.

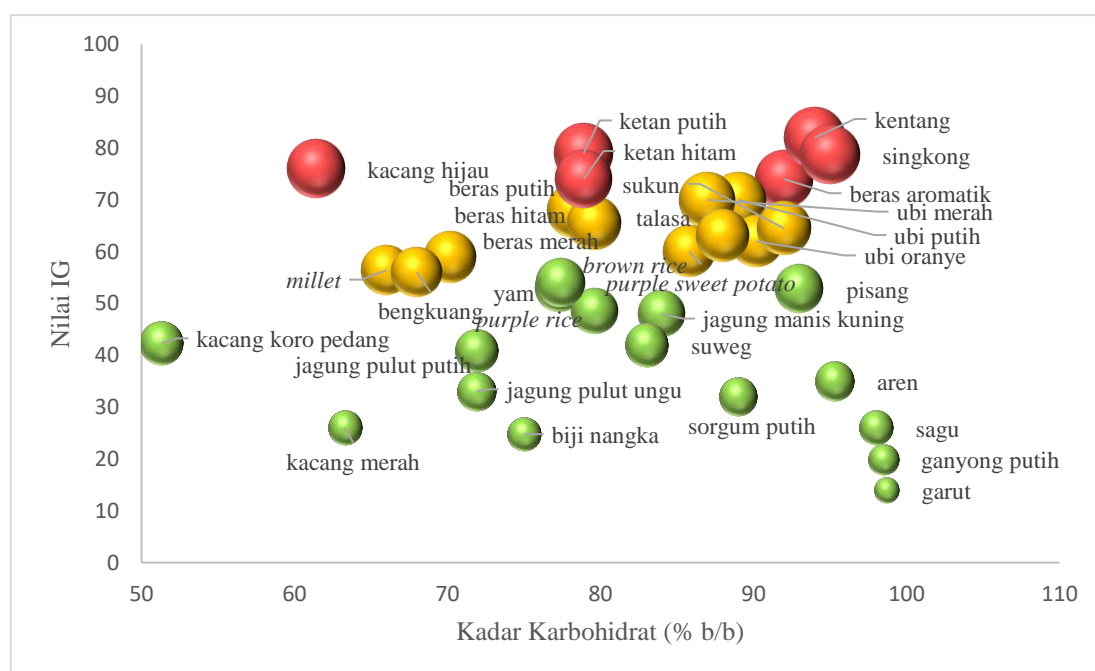
Hubungan antara sumber karbohidrat dengan senyawa bioaktif tinggi ditunjukkan pada Plot diagram kartesius pada Gambar 2 dengan kandungan senyawa bioaktif sebagai absis dan nilai IG sebagai hasil ordinat. Terdapat korelasi positif antara kandungan senyawa bioaktif dengan nilai IG. Artinya, jika kandungan senyawa bioaktif pada pangan karbohidrat semakin tinggi, maka nilai IG-nya semakin tinggi. Hasil persamaannya adalah $y=0,0004x+50,978$ dengan $R^2=0,0402$. Umumnya senyawa bioaktif dalam beberapa literatur dinyatakan dapat menurunkan nilai IG dengan mekanisme induksi sekresi insulin, meningkatkan jumlah sel beta pankreas, dan memiliki sifat antioksidan (Mendes dan Bogle, 2015). *Cocoyam* dan kacang hijau memiliki nilai IG tinggi; beras hitam, jagung pulut ungu, gandum, *rye*, ubi jalar putih, ubi jalar merah, ubi jalar ungu, talas, dan bengkuang memiliki nilai IG sedang; dan sisanya memiliki nilai IG rendah (Gambar 2).



Gambar 2. Korelasi Kandungan Senyawa Bioaktif terhadap Nilai IG Pangan Karbohidrat.

Dari 49 sumber karbohidrat yang diamati, hanya 11 sumber karbohidrat yang tidak tersedia di Indonesia. Persentase sumber karbohidrat yang tersedia di Indonesia adalah 78% dan yang tidak tersedia di Indonesia sebesar 22%. Ragam pangan pokok yang dikonsumsi masyarakat Indonesia sebelum tahun 1960 beragam, yaitu padi (53,5% dari diet), singkong (22,2% dari diet), jagung (18,9% dari diet), dan kentang (4,99% dari diet) (Budijanto dan Yuliana, 2015). Beras analog yang terbuat dari

sumber karbohidrat non-beras untuk memberikan asupan karbohidrat lokal yang beragam dalam bentuk yang dapat diterima secara budaya (beras). Beras analog tersebut memiliki potensi fungsional dalam mencegah penyakit degeneratif seperti diabetes mellitus, kanker, dan penyakit kardiovaskular. Sehingga, strategi tersebut dapat digunakan untuk mendorong peningkatan konsumsi berbagai sumber karbohidrat yang banyak tersedia di Indonesia seperti sagu, sorgum, jagung, pisang, ubi jalar, talas, dan lain-lain (Gambar 3).



Gambar 3. Berbagai Sumber Karbohidrat yang Banyak Tersedia di Indonesia

KESIMPULAN

Beberapa sumber karbohidrat yang memiliki kandungan pati resisten tinggi adalah beras hitam, beras aromatik, sorgum putih, talas, ganyong putih, yam, sukun, pisang, kacang polong, kacang merah, *jack bean*, *pigeon pea*, dan biji nangka. Sedangkan sumber pangan karbohidrat yang memiliki kandungan senyawa bioaktif tinggi adalah beras hitam, beras ungu, jagung pulut putih, jagung pulut ungu, gandum, *rye*, *barley*, ubi jalar putih, ubi jalar merah, ubi ungu, talas, garut, ganyong putih, yam, bengkuang, *cocoyam*, aren, pisang, buah kurma, buah selai kacang perak (*peanut butter fruit*), kacang polong, kacang hijau, kacang gude (*pigeon pea*), dan biji asam jawa. Sebagian besar dari pangan karbohidrat tersebut (78%) adalah pangan karbohidrat asal Indonesia

dengan kandungan pati resisten antara 10,63%-78,9% (b/b) dan kandungan antioksidan berkisar 150-43200 mg/100g basis kering. Kajian penelitian ini menunjukkan bahwa pati resisten memiliki korelasi negatif terhadap nilai IG dan senyawa bioaktif memiliki korelasi positif terhadap nilai IG. Informasi tersebut berguna pada pemanfaatan sumber karbohidrat dalam mencegah penyakit degeneratif seperti diabetes mellitus, kanker, dan penyakit kardiovaskular. Sehingga, hal ini akan mendorong masyarakat untuk mengonsumsi berbagai sumber karbohidrat yang banyak tersedia di Indonesia seperti sagu, shorgum, jagung, pisang, ubi jalar, talas, dan lain-lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Alcazar-Alay, S.C., Meireles, M. A. A. (2015). Physicochemical properties, modifications dan applications of starches from different botanical sources. *Food Sci. Technol*, 35(2):215-236. <https://doi.org/10.1590/1678-457X.6749>.
- Arif, A.B., Budyanto, A., Hoerudin. (2013). Nilai indeks glikemik produk pangan dan faktor-faktor yang mempengaruhinya. *J. Litbang Pert.*, 32(3): 91-99. <https://doi.org/10.21082/jp3.v32n3.2013.p91-99>.
- Astawan, M., Widowati, S. (2011). Evaluation of nutrition dan glycemic index of sweet potatoes dan its appropriate processing to hypoglycemic foods. *Indonesian Journal of Agricultural Science*, 12(1):40-46. <https://doi.org/10.21082/ijas.v12n1.2011.p40-46>.
- Benouis, K. (2016). Phytochemicals dan bioactive compounds of pulses dan their impact on health. *Chemistry International*, 3(3): 224-229.
- Budijanto, S. (2014). *Beras Analog Sebagai Vehicle Penganekaragaman Pangan*. Orasi Ilmiah Guru Besar IPB. Bogor: IPB Press.
- Budijanto, S., Yuliana, N. D. (2015). Development of rice analog as a food diversification vehicle in Indonesia. *Journal of Developments in Sustainable Agriculture*, 10 (1):7-14. <https://doi.org/10.11178/jdsa.10.7>.
- Chukwu, G. O. (2015). Ldan use for cocoyam in Nigeria: implications for cocoyam re-birth. *Journal of Hill Agriculture*, 6(1): 1-7.
- Dworatzek, P.D., Arcudi, K., Gougeon, R., Husein, N., Sievenpiper, J.L., Williams, S.L. (2013). Nutrition therapy. *Can J Diabetes* 37: S45-S55. <https://doi.org/10.1016/j.cjcd.2017.10.009>.
- Faridah, D. N., Rahayu, W. P., Apriyadi, M.S. (2013). Modifikasi pati garut (*Marantha arundinacea*) dengan perlakuan hidrolisis asam dan siklus pemanasan-pendinginan untuk menghasilkan pati resisten tipe 3. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 23(1):61-69.
- Gherezghier, B. A., Mahmud, A., Samuel, M., Tsighe, N. (2017). Review. Methods dan application of statistical analysis in food technology. *Journal of Academia dan Industrial Research*, 6(5): 78-84.
- Gilang, R., Affdani, D. R., Ishartani, D. (2013). Physical dan chemical properties characterization of jack bean (*Canavalia ensiformis*) flour using pretreatment variation. *Jurnal Teknosains Pangan*, 2(3):34-42.

- Gomdan, S. V., Verwimp, T., Goesaert, H., Delcour, J.A. (2011). Structural and physicochemical characterisation of rye starch. *Carbohydrate research*, 346 (17):2727-35. <https://doi.org/10.1016/j.carres.2011.09.024>.
- Goni, I., Diz, L.G., Manas, E., Calixto, F. S. Analysis of resistant starch: a method for foods and food products. *Journal of Food Chem*, 56 (4): 445-449.
- Harmani, S.A., Haryadi, Cahyanto, M. N., Pranoto, Y. (2016). Potensi spaghetтини komposit semolina durum-pati ganyong dalam pembentukan short chain fatty acid dan asam laktat pada fermentasi menggunakan mikroflora feses manusia. *Agritech*, 36(2):189-195. <https://doi.org/10.22146/agritech.12864>.
- Hasbullah, U. H. A., Nurdyansyah, F., Supriyadi, B., Umiyati, R., Ujjanti, R. M. D. (2017). Physical dan chemical properties of suweg flour (*Amorphophallus campamulatus* BI) in Central Java. *Jurnal Pangan dan Gizi*, 7(1): 59-65.
- Hayes, M., Tiwari, B.K. (2015). Bioactive carbohydrates dan peptides in foods: an overview of sources, downstream processing steps dan associated bioactivities. *Int. J. Mol. Sci*, 16: 22485-22508. <https://doi.org/10.3390/ijms160922485>.
- Herawati, H. (2011). Potensi pengembangan produk pati tahan cerna sebagai pangan fungsional. *Jurnal Litbang Pertanian*, 30(1):31-39. <https://doi.org/10.21082/jp3.V30n1.2011.p31-39>.
- Herchi, W., Kallel, H., Boukchina, S. (2014). Physicochemical properties dan antioxidant activity of Tunisian date palm (*Phoenix dactylifera* L.) oil as affected by different extraction methods. *Food Science dan Technology (Campinas)*, 34(3):464-470. <https://doi.org/10.1590/1678-457x.6360>.
- Hernawan, E., Meylani, V. (2016). Analisis karakteristik fisikokimia beras putih, beras merah, dan beras hitam (*Oryza sativa* L., *Oryza nivara* dan *Oryza sativa* L. *Indica*). *Jurnal Kesehatan Bakti Tunas Husada*, 15(1):79-91. <http://dx.doi.org/10.36465/jkbth.V15i1.154>.
- Hughes, S. , Rastall, R. A. (2007). Health functional carbohydrates: properties and enzymatic manufacture. Di dalam: *Novel Enzyme Technology for Food Applications*, 215–242. <https://doi:10.1533/9781845693718.2.215>
- Hutasoit, W. M. P., Mulyati, A. H., Widiastuti, D. (2014). Pembuatan tepung biji nangka (*Artocarpus heterophyllus* Lamk.) dengan metode kering dan basah serta karakterisasi secara fisika, kimia dan mikrobiologi. *Jurnal Fitofarmaka Universitas Pakuan Bogor*.
- Indrasari, S.D., Purwani, E.Y., Wibowo, P., Jumali. (2008). Nilai indeks glikemik beras beberapa varietas padi. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*, 27(3):127-134.
- Iqbal, A., Pintor, K.T., Lisiswanti, R. (2015). Manfaat tanaman kacang merah dalam menurunkan kadar glukosa darah. *Majority*, 4(9):149-152.
- Karunasena, G. A. D. V., Chdanrajith, V. G. G. , Nawaratne, S. B. (2018). Physicochemical characteristics of pea nut butter fruit (*Bunchosia armeniaca*). *International Journal of Food Science dan Nutrition*, 3(3): 46-51.
- Kaur, M., Singh, S. (2016). Physicochemical, morphological, pasting, dan rheological properties of tamarind (*Tamarindus indica* L.) kernel starch. *International Journal of Food Properties*, 19:2432–2442. <https://doi.org/10.1080/10942912.2015.1121495>.

- Klunkin, W., Savage, G. (2018). Physicochemical, antioxidant properties dan in vitro digestibility of wheat–purple rice flour mixtures. *International Journal of Food Science dan Technology*, 53(8):1962-1971. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13785>.
- Kumari, R., Shrivastava, S. L., Mishra, H. N., Meghwal, M. (2017). Physicochemical dan functional properties of curcuma angustifolia (tikhur) – an underutilized starch. *The Pharma Innovation Journal*, 6(7): 114-119.
- Lamothe, L. M., Le, K. A., Samra, R. A., Roger, O., Green, H., Mace, K. (2017). The scientific basis for healthful carbohydrate profile. *Critical Reviews in Food Science dan Nutrition* 59(7): 1058-1070. <https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1392287>.
- Lum, M. S. (2017). Physicochemical characteristics of different rice varieties found in sabah, malaysia. *Transactions on Science dan Technology*, 4(2): 68-75.
- Maintang, Hanifa, A. P., Agustin, R. (2014). Potentian use of pigeon pea fo food diversification support. Prosiding Seminar Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi
- Marsono, Y., Wiyono, P., Noor, Z. (2002). Indeks glikemik kacang-kacangan. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 13(3): 211-216.
- Mendes, M. F., Bogle, I. D. L. (2015). Evaluation of the effects dan mechanisms of bioactive components present in hypoglycemic plants. *International Journal of Chemical dan Biomolecular Science* 1(3): 167-178.
- Momuat, L. I., Suryanto, E., Rantung, O., Korua, A., Datu, H. (2015). Perbdanangan senyawa fenolik dan aktivitas antioksidan antara sagu baruk segar dan kering. *Chem. Prog.*, 8(1):21-29. <https://doi.org/10.35799/cp.8.1.2015.9399>.
- Musa, A. S. N., Umar, I. M., Ismail, M. (2011). Physicochemical properties of germinated brown rice (*Oryza sativa* L.) starch. *Afr. J. Biotechnol* 10(33): 6281-6291.
- Nadia, L., Wirakartakusumah, A., Danarwulan, N., Purnama, E.H., Koaze, H., Noda, T. (2014). Characterization of physicochemical dan functional properties of starch from five yam (*Dioscorea alata*) cultivars in Indonesia. *International Journal of Chemical Engineering dan Applications*, 5(6): 489-496. <https://doi.org/10.7763/IJCEA.2014.V5.434>
- Oboh, G., Ademosun, A. O., Akinleye, M., Omojokun, O. S., Boligon, A. A., Athayde, M. L. (2015). Starch composition, glycemic indices, phenolic constituents, dan antioxidative dan antidiabetic properties of some common tropical fruits. *Journal of Ethnic Foods*, 2 (2):64-73. <https://doi.org/10.1016/j.jef.2015.05.003>.
- Obrenovich, M. E., Li, Y., Parvathaneni, K., Aliev, G. (2011). Antioxidants in health, disease dan aging. *CNS & neurological disorders drug targets* 10(2):192-207. <https://doi.org/10.2174/187152711794480375>.
- Osundahunsi, O. F., Fagbemi, T. N., Kesselman, E., Shimoni, E. (2003). Comparison of the physicochemical properties dan pasting characteristics of flour dan starch from red dan white sweet potato cultivars. *J. Agric. Food Chem.*, 51(8): 2232–2236. <https://doi.org/10.1021/jf0260139>.
- Pernambuco, E. D. A. M., Parana, N. K., Pernambuco, T. L. M. S. (1994). Psychochemical properties of jacatupe (*Pachyrhizus erosus* L. Urban) Starch. *Starch*, 46(7):245-247. <https://doi.org/10.1002/star.19940460702>.

- Puspitasari, D., Rahayuningsih, T., Rejeki, F.S. (2015). Prosiding Seminar Agroindustri dan Lokakarya Nasional FKPT-TPI. Surabaya: TIP UTM.
- Ramirez, Y. I. C., Moroyoqui, F. J. C., Reyes, F. R., Burgos, E. C. R., Amarillas, P. S. O., Corral, F. J. W., Flores, J. B., Gastelum, A. G. C. (2015). Physicochemical characterization of starch from hexaploid triticale (*X Triticosecale Wittmack*) genotypes. *CyTA – Journal of Food*. 13(3): 420-426. <https://doi.org/10.1080/19476337.2014.994565>.
- Santosa, B. A. S., Widowati, S., Sepipto, R. H., Saifudin. (2002). Ekstraksi, isolasi, dan hasil olah pati kacang tunggak (*Vigna unguiculata L, Walp*). *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*, 21(1): 56-62.
- Sarepoua, E., Tangwongchai, R., Suriharn, B., Lertrat, K. (2013). Relationships between phytochemicals dan antioxidant activity in corn silk. *International Food Research Journal* 20(5): 2073-2079.
- Schwingshackl, L., Hoffmann, G. (2013). Long-term effects of rendah glycemic index/load vs. Tinggi glycemic index/load diets on parameters of obesity dan obesity-associated risks: a systematic review dan meta-analysis. *Nutrition, Metabolism & Cardiovascular Diseases*, 23:699-706. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2013.04.008>.
- Setiarto, R. H. B., Jenie, B. S. L., Faridah, D. N., Saskiawan, I. (2015). Kajian peningkatan pati resisten yang terkandung dalam bahan pangan sebagai sumber prebiotik. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 20(3): 191-200. <https://doi.org/10.18343/jipi.20.3.191>.
- Sofi, S.A., Ayoub, A., Jan, A. (2017). Resistant starch as functional ingredient: a review. *International Journal of Food Science dan Nutrition*, 2(6): 195-199. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.02.004>.
- Steele, K., Dickin, E., Keerio, M.D., Samad, S., Kambona, C., Brook, R., Thomas, W., Frost, G. (2013). Breeding rendah-glycemic index barley for functional food. *Field Crops Research*, 154: 31-39. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2013.07.018>.
- Suarni. (2012). Potensi sorgum sebagai bahan pangan fungsional. *IPTEK Tanaman Pangan*, 7(1):58-66.
- Suhartatik, N., Cahyanto, M. N., Raharjo, S., Rahayu, E.S. (2013). Aktivitas antioksidan antosianin beras ketan hitam selama fermentasi. *J.Teknol. dan Industri Pangan*, 24(1):115-119. <https://doi.org/10.6066/jtip.2013.24.1.115>.
- Sukatiningsih. (2005). Physicochemical dan functional properties of starch from breadnut (*Artocarpus communis G.Forst*) seed. *Jurnal Teknologi Pertanian* 6(3): 163-169.
- Suprijadi. (2012). Karakterisasi sifat fisik dan kimia tepung sorgum (*Sorghum bicolor L*) rendah tanin. Tesis. Program Studi Ilmu Pangan. Sekolah Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Suryani, C. L., Purwanta, D., Haryadi. (2001). Characteristic of cowpea (*Vigna unguiculata*) starch dan its noodle. *Agritech*, 21(3): 99-103. <https://doi.org/10.22146/agritech.13591>
- Thitipramote, N., Pradmeeteekul, P., Nimkamnerd, J., Chaiwut, P., Pintathong, P., Thitilerdecha, N. (2016). Short Communication. Bioactive compounds dan antioxidant activities of red (Brown Red Jasmine) dan black (Kam Leum Pua) native pigmented rice. *International Food Research Journal* 23(1): 410-414.

- Vasco, C., Ruales, J., Kamal-Eldin, A. (2008). Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador. *Food Chemistry* 111(4): 816-823.
- Vidyatmoko, D., Hastuti, P. (2017). Scientific review. The determinants of entrepreneurial success: a multidimensional framework. *Journal of STI Policy dan Management* 2(2): 163-178.
<http://dx.doi.org/10.14203/STIPM.2017.118>.
- Zhou, M., Robards, K., Glennie-Holmes, M., Helliwell, S. (1998). Structure dan pasting properties of oat starch. *Cereal Chemistry* 75(3): 273-281.
<https://doi.org/10.1094/CCHEM.1998.75.3.273>.
- Zhou, X., Chung, H. J., Kim, J.Y., Lim, S.T. (2013). In vitro analyses of resistant starch in retrograded waxy dan normal corn starches. *International Journal of Biological Macromolecules*, 55:113-117.
<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2012.12.031>.