

# Potensi Bekatul Terfermentasi sebagai Ingredien Pangan Fungsional Pencegah Kanker Kolon

## *Potential of Fermented Rice Bran as a Functional Food Ingredient to Prevent Colon Cancer*

Nurul Dwi Fitriani<sup>1</sup>, Slamet Budijanto<sup>1</sup>, Bambang Pontjo Priosoeryanto<sup>2</sup>, dan Endang Prangdimurti<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor

<sup>2</sup>Departemen Klinik Patologi Dan Reproduksi, Fakultas Kedokteran Hewan, Insitut Pertanian Bogor

<sup>1,2</sup>Kampus IPB Dramaga, Bogor, 16680

E-mail: nuruldwifitriani@yahoo.co.id

Diterima: 12 Mei 2022

Revisi: 22 Mei 2023

Disetujui: 29 Mei 2023

### ABSTRAK

Bekatul adalah hasil samping pengolahan padi yang kaya akan senyawa bioaktif. Senyawa bioaktif tersebut meliputi senyawa fenolik, senyawa flavonoid, komponen steroidal, dan antosianin. Senyawa bioaktif pada bekatul dapat ditingkatkan aktivitasnya dengan suatu proses bioteknologi yaitu fermentasi. Proses fermentasi pada bekatul dapat meningkatkan komponen fenolik karena terjadi pemecahan senyawa kompleks fenolik dengan sejumlah enzim yang dihasilkan oleh mikroorganisme. Bekatul terfermentasi dengan kandungan komponen bioaktif yang melimpah berpotensi sebagai pangan fungsional pencegah kanker kolon. Penelitian secara *in vitro* dan *in vivo* menunjukkan bahwa fermentasi bekatul dapat mencegah perkembangan kanker kolon lebih baik dibandingkan dengan bekatul non-fermentasi. Pencegahan kanker kolon berdasarkan penelitian *in vivo* dan *in vitro* dapat melalui peningkatan ekspresi gen apoptosis, penurunan gen marka proliferasi, dan penurunan sitokin pro-inflamasi. Proses pencegahan kanker kolon dengan komponen bioaktif dapat melalui jalur induksi apoptosis serta penghambatan proliferasi sel kanker, perlindungan sel terhadap radikal bebas, deregulasi jalur pensinyalan *Wnt / β-catenin* dan peningkatan respons imun.

kata kunci: fermentasi bekatul, kanker kolon, pangan fungsional, senyawa fenolik

### ABSTRACT

*Rice bran is a by-product of rice processing rich in bioactive compounds. These bioactive compounds include phenolic, flavonoid, steroid components, and anthocyanins. The activity of bioactive compounds in rice bran can be enhanced by a biotechnological process, namely fermentation. The fermentation process in rice bran increases the phenolic component due to the breakdown of complex phenolic compounds with several enzymes produced by microorganisms. Fermented bran containing abundant bioactive components has the potential as a functional food to prevent colon cancer. In vitro and in vivo studies showed that fermented bran prevent the development of colon cancer better than non-fermented bran. Prevention of colon cancer based on in vivo and in vitro studies can be through increasing the expression of apoptotic genes, decreasing proliferation marker genes, and decreasing pro-inflammatory cytokines. The process of preventing colon cancer with bioactive components can be through induction of apoptosis and inhibition of cancer cell proliferation, protection of cells against free radicals, deregulation of the Wnt/β-catenin signaling pathway, and enhancement of the immune response.*

keywords: rice bran fermentation, colon cancer, functional foods, phenolic compounds

### I. PENDAHULUAN

Bekatul merupakan hasil sampingan dari pengolahan padi yang mengandung senyawa bioaktif melimpah. (Nurtiana, dkk.,

2018). Kelompok senyawa bioaktif yang penting seperti senyawa fenolik, senyawa flavonoid, komponen steroidal, dan antosianin (Safrida, dkk., 2020), dapat memberikan manfaat bagi kesehatan manusia dan mencegah penyakit

kronis (Allauddin, dkk., 2019). Bekatul dapat mencegah penyakit kronis seperti kanker (Henderson, dkk., 2012), diabetes tipe 2, dan penyakit kardiovaskular (Saji, dkk., 2019).

Senyawa bioaktif seperti senyawa fenolik dan senyawa flavonoid pada bekatul dapat ditingkatkan dengan proses fermentasi. Senyawa bioaktif pada bekatul yaitu komponen fenolik, biasanya dalam bentuk struktur kompleks dan berantai, serta terikat dengan komponen struktural dinding sel seperti selulosa, lignin, dan protein dengan ikatan ester (Zhang, dkk., 2010). Proses fermentasi pada bekatul dapat meningkatkan jumlah komponen fenolik bebas karena terjadi pemecahan senyawa kompleks fenolik dengan sejumlah enzim yang dihasilkan oleh mikroorganisme. Salah satunya pada proses fermentasi kapang menghasilkan sistem oksidatif ligninolitik yang mendegradasi cincin fenil sehingga meningkatkan kandungan fenolik bebas (Martins, dkk., 2011; Sánchez, 2009).

Kanker kolon merupakan penyebab kedua kematian akibat kanker di seluruh dunia (Sung, dkk., 2021). Kasus kanker kolon di Indonesia pada tahun 2020 berada di urutan ke-4 yaitu 34.189 kasus (IARC, 2014). Faktor lingkungan dan genetik berperan dalam pertumbuhan penyakit kanker kolon. Upaya pencegahan kanker kolon dapat dilakukan dengan mengonsumsi pangan yang mengandung senyawa bioaktif dan serat yang tinggi.

Artikel ini akan mengulas potensi bekatul terfermentasi sebagai pangan fungsional pencegah kanker kolon. Komponen bioaktif pada bekatul terfermentasi dan mekanisme pencegahan kanker kolon akan diulas pada artikel ini. Berbagai penelitian *in vitro* dan *in vivo* terkait dengan bahan baku bekatul terfermentasi akan dibahas pula.

## II. BEKATUL TERFERMENTASI DAN KOMPONEN BIOAKTIFNYA

Fermentasi adalah suatu proses penguraian substrat kompleks menjadi senyawa sederhana dengan bantuan mikroba (Kurniati, dkk., 2017). Proses fermentasi dapat dilakukan dengan dua cara yaitu *solid state fermentation* dan *submerged liquid fermentation* (Udayangani, 2019). Pemilihan proses fermentasi yang digunakan dapat berdasar spesifikasi produk.

Proses fermentasi *solid state* dan *submerged liquid* digunakan untuk memperoleh senyawa bioaktif di industri dari berbagai substrat. Penggunaan metode *solid state fermentation* (SSF) lebih diminati dibandingkan *submerged liquid fermentation* karena proses fermentasi tersebut dapat meningkatkan efisiensi fermentasi dan fungsi produk akhir. Selain itu, metode SSF dapat menurunkan biaya operasional dan konsumsi air. Metode SSF menghasilkan pertumbuhan mikroba pada media padat dengan keberadaan air yang terbatas (Sadh, dkk., 2018). Bekatul dapat digunakan sebagai substrat pada proses SSF untuk meningkatkan ketersediaan komponen bioaktif melalui perubahan yang dihasilkan dari aktivitas metabolisme mikroorganisme seperti enzim, asam organik, dan lain-lain (Oliveira, dkk., 2010).

Fermentasi bekatul dapat menggunakan *starter* kapang, khamir ataupun bakteri. Kapang yang digunakan seperti *Rhizopus oligosporus* dan *Rizhopus oryzae*. (Razak, dkk., 2015; Zulfafamy, dkk., 2018; Safrida, 2020). *Starter* bakteri yang digunakan untuk fermentasi sebagian besar berasal dari golongan bakteri asam laktat seperti *Lactiplantibacillus plantarum* (Moon dan Chang, 2021), sedangkan *starter* khamir yang banyak digunakan yaitu *Saccharomyces cerevisiae* (Chaiyasut, dkk., 2017). Shibayama, dkk. (2018) melakukan penelitian mengenai proses fermentasi pada bekatul menggunakan bakteri asam laktat dan *Saccharomyces cerevisiae* selama 48 menit pada suhu 30°C.

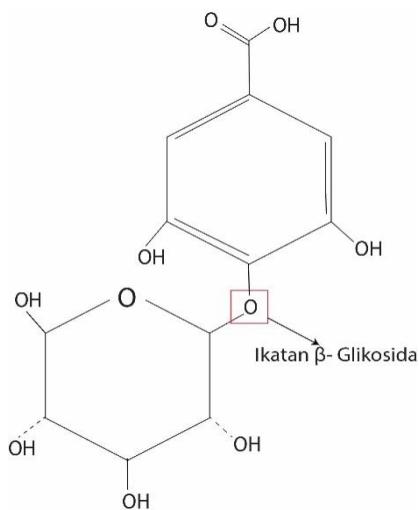
Proses fermentasi menjadi salah satu proses yang dapat meningkatkan komponen bioaktif pada bekatul. Beberapa penelitian melaporkan adanya peningkatan komponen bioaktif seperti kelompok fenolik (Tabel 1).

Salah satu komponen bioaktif yang ada pada bekatul yaitu kelompok fenolik. Bekatul mengandung senyawa fenol seperti asam galat, asam protokatekat, asam kafeat, asam syringat, asam ferulat, dan asam klorogenat (Christ-Ribeiro, dkk., 2019). Senyawa fenol pada tumbuhan seringkali dalam bentuk glikosidanya yaitu terikat dengan senyawa gula. Ikatan yang terjadi antara senyawa fenol dengan senyawa gula yaitu ikatan glikosida (Eseberri, dkk.,

**Tabel 1 . Peningkatan Senyawa Bioaktif pada Bekatul Non-Fermentasi dan Fermentasi**

Mikroba	Lama Fermentasi	Senyawa yang Dianalisis	Jumlah Senyawa Fermentasi			Perubahan Senyawa (%)	Referensi
			Non Fermentasi	Fermentasi			
<i>Rizhopus oryzae</i>	72 jam	Total fenolik*	6,52 EAG/g ekstrak	7,48 mg EAG/g ekstrak		14,72	Safrida (2020)
		Total flavonoid***	1,28 EAG/g ekstrak	1,30 mg EAG/g ekstrak		1,56	
<i>Rizhopus oligosporus</i>	72 jam	Total fenolik*	6,50 EAG/g ekstrak	7,96 mg EAG/g ekstrak		22,46	
		Total flavonoid***	1,20 EAG/g ekstrak	1,54 mg EAG/g ekstrak		28,33	
<i>Rizhopus oryzae</i>	48 jam	Asam galat**	2,6 µg/g	76,4 µg/g		2838,46	Christ-Ribeiro, dkk. (2019)
		Asam protokatekat**	7,7 µg/g	8,4 µg/g		9,09	
		Asam kafeat**	4,8 µg/g	11,2 µg/g		133,33	
		Asam syringat**	2,1 µg/g	9,2 µg/g		338,10	
		Asam ferulat**	33,3 µg/g	68,4 µg/g		105,41	
		Asam klorogenat**	20,9 µg/g	126,5 µg/g		505,26	
<i>Rizhopus oryzae</i>	96 jam	Total fenolik*	3,70 mg/g bk	5,30 mg/g bk		43,24	Zulfafamy, dkk. (2018)
<i>Rizhopus oligosporus</i>	96 jam	Total fenolik*	3,70 mg/g bk	5,04 mg/g bk		36,22	
<i>Rizhopus oryzae</i> dan <i>Rizhopus oligosporus</i>	96 jam	Total fenolik*	3,70 mg/g bk	5,64 mg/g bk		52,43	
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	18 jam	Asam kafeat**	26,74 µg/g bk	28,12 µg/g bk		5,16	Chaiyasut, dkk. (2017)
		Asam p-kumarat**	195,09 µg/g bk	204,00 µg/g bk		4,57	
	24 jam	Cyanidin**	226,73 µg/g bk	312,90 µg/g bk		38,01	
		Peonidin**	86,73 µg/g bk	130,93 µg/g bk		50,96	
		Asam siringat**	5,23 µg/g bk	5,42 µg/g bk		3,63	
<i>Aspergillus oryzae</i>	288 jam	Asam ferulat**	1,88 µg/mL	10,73 µg/mL		470,74	Razak, dkk. (2015)
		Asam sinapik**	2,52 µg/mL	3,02 µg/mL		19,84	
		Asam kafeat**	Tidak terdeteksi	2,91 µg/mL		-	
		Asam siringat**	6,05 µg/mL	7,36 µg/mL		21,65	
		Asam protokatekat**	Tidak terdeteksi	17,44 µg/mL		-	
		Asam ferulat**	1,88 µg/mL	Tidak terdeteksi		-	
<i>Rizhopus oryzae</i>	288 jam	Asam sinapik**	2,52 µg/mL	10,31 µg/mL		309,13	
		Asam kafeat**	Tidak terdeteksi	4,35 µg/mL		-	
		Asam siringat**	6,05 µg/mL	10,19 µg/mL		68,43	
		Asam protokatekat**	Tidak terdeteksi	16,47 µg/mL		-	
		Asam 4-hidroksibenzoat**	Tidak terdeteksi	10,57 µg/mL		-	
		Asam galat**	2,60 mg/g bk	154,50 mg/g bk		5842,31	
<i>Rizhopus oryzae</i>	120 jam	Asam protokatekat**	7,70 mg/g bk	13,60 mg/g bk		76,62	Schmidt, dkk. (2014)
		Asam kafeat**	4,80 mg/g bk	28,70 mg/g bk		497,92	
		Asam syringat**	2,10 mg/g bk	12,70 mg/g bk		504,76	
		Asam ferulat**	33,30 mg/g bk	764,70 mg/g bk		2196,40	
		Asam klorogenat**	20,90 mg/g bk	100,60 mg/g bk		381,34	
<i>Rizhopus oryzae</i>	96 jam	Asam p-hidroksibenzoat**	2,40 mg/g bk	29,20 mg/g bk		1116,67	

2022). Salah satu jenis senyawa asam galat dalam bentuk glikosidanya yaitu *4-Glucogallic acid*. Struktur senyawa tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Struktur Kimia *4-Glucogallic acid*

Penelitian Razak, dkk. (2014) menyatakan bahwa fermentasi *solid state* pada bekatul dengan *Rhizopus oligosporus* dan *Monascus purpureus* dapat meningkatkan kadar total komponen fenolik dan aktivitas antioksidan. Peningkatan komponen fenolik tersebut disebabkan oleh adanya enzim hidrolitik seperti  $\beta$ -glucosidase yang dihasilkan dari fermentasi *Rhizopus oligosporus* dan *Monascus purpureus*. Komponen fenolik pada tanaman biasanya ditemukan dalam bentuk terkonjugasi melalui gugus hidroksil. Enzim hidrolitik yang dihasilkan dari proses fermentasi dapat meningkatkan ketersediaan gugus hidroksil bebas pada struktur fenolik sehingga meningkatkan aktivitas antioksidan pada bekatul. Kandungan fenolik pada suatu produk dapat dikorelasikan dengan aktivitas antioksidan produk tersebut.

Schmidt, dkk. (2014) melakukan penelitian mengenai fermentasi bekatul dengan kapang *Rhizopus oryzae* untuk meningkatkan komponen fenolik dan aktivitas antioksidan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi peningkatan komponen fenolik dan aktivitas antioksidan pada bekatul yang telah difermentasi. Peningkatan senyawa fenolik bebas lebih dari 100 persen yaitu dari konsentrasi 2,4 mg/g menjadi 5,1 mg/g setelah dilakukan fermentasi selama 120 jam. Peningkatan kandungan senyawa fenolik

yang terjadi dapat disebabkan oleh pemecahan senyawa kompleks dengan lignin (Schmidt dan Furlong, 2012)

### III. STUDI *IN VITRO* BEKATUL TERFERMENTASI SEBAGAI PENCEGAH KANKER KOLON

Salah satu pengujian yang dapat digunakan untuk mengevaluasi aktivitas sitotoksik bekatul fermentasi yaitu pengujian secara *in vitro*. Evaluasi aktivitas sitotoksik dapat dilakukan dengan menggunakan sel kanker kolon seperti sel WiDr (Zulfafamy, dkk., 2018) dan sel HCT116 (Itoh, dkk., 2012). Sel HCT116 merupakan sel kanker kolon manusia yang dapat dikulturkan berasal dari pasien laki-laki berumur 48 tahun dengan jenis kanker kolon yaitu karsinoma. Sel WiDr merupakan sel kanker kolon turunan dari sel HT-29 yang berasal dari adenokarsinoma kolon seorang wanita berusia 78 tahun (Chen, dkk., 1987). Perbedaan dari sel HCT116 dengan sel WiDr yaitu sumber asal sel kanker kolon, jenis kanker kolon, dan tingkat penyakit kanker kolon. Sel HCT116 tingkat penyakit kanker kolon berada pada stadium D, sedangkan sel WiDr berada pada tingkat kanker kolon stadium C (Ahmed, dkk., 2013)

Itoh, dkk. (2012) melakukan penelitian menggunakan sel HCT116 untuk menguji antitumor pada ekstrak campuran beras cokelat dan bekatul fermentasi (FBRA). Beras cokelat dan bekatul difermentasi dengan *Aspergillus oryzae*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak FBRA dapat meningkatkan protein Bax secara signifikan, sedikit mengurangi kadar protein *Bcl2*, dan selanjutnya menyebabkan aktivasi caspase-3 dalam sel. Aktivasi caspase-3 dapat mengaktifkan proses apoptosis kematian sel melalui jalur mitokondria dalam sel tumor kolorektal manusia. Oleh karena itu, asupan harian FBRA diharapkan dapat bermanfaat untuk mencegah karsinogenesis dan/atau menekan pertumbuhan tumor di saluran pencernaan.

Penelitian Zulfafamy, dkk. (2018) menggunakan sel WiDr untuk mengetahui aktivitas antiproliferasi pada ekstrak bekatul fermentasi. Bekatul difermentasi menggunakan kultur *R. oryzae* and *R. oligosporus* selama 72 jam dan 96 jam. Aktivitas antiproliferatif pada bekatul fermentasi terhadap sel kanker

---

kolon, WiDr, lebih tinggi dibandingkan dengan bekatul non-fermentasi. Hasil ini menunjukkan bahwa bekatul fermentasi dapat mencegah terjadinya kanker kolon lebih baik dibandingkan bekatul non-fermentasi. Peningkatan aktivitas antiproliferasi pada bekatul fermentasi diduga karena adanya peningkatan kandungan komponen fenolik.

Penelitian lain menggunakan sel WiDr dilakukan oleh Safrida (2020). Bekatul difermentasi dengan *R. oligosporus* selama 72 jam. Ekstrak bekatul fermentasi dapat menghambat pertumbuhan sel kanker kolon WiDr dengan mekanisme penghambatannya melalui peningkatan ekspresi gen apoptosis dan penekanan ekspresi gen proliferasi. Ekspresi gen apoptosis seperti gen *p53*, gen *caspase-9*, gen *caspase-7*, dan gen *caspase-8* mengalami peningkatan pada bekatul fermentasi dibandingkan dengan sel WiDr ekstrak bekatul non-fermentasi. Gen marka proliferasi yaitu *PCNA* mengalami penurunan pada kelompok bekatul fermentasi dibandingkan dengan sel WiDr bekatul non-fermentasi. Hasil ekspresi gen tersebut menunjukkan bahwa penghambatan sel kanker kolon dengan bekatul fermentasi dapat melalui mekanisme induksi apoptosis serta penghambatan proliferasi pada sel kanker kolon.

#### **IV. STUDI *IN VIVO* BEKATUL FERMENTASI SEBAGAI PENCEGAH KANKER KOLON**

Penelitian *in vivo* bekatul fermentasi untuk mencegah terjadinya kanker kolon telah banyak dilakukan. Salah satu model hewan yang digunakan untuk penelitian terkait kanker kolon yaitu model hewan percobaan kolitis dengan jalur peradangan. Peradangan telah diakui sebagai faktor utama dalam patogenesis beberapa penyakit umum, termasuk kanker (Phutthaphadoong, dkk., 2010). Salah satu jenis peradangan yang berkaitan erat dengan kanker kolon adalah penyakit inflamasi usus atau *Inflammatory bowel disease* (IBD). IBD adalah penyakit kronis dan peradangan yang terjadi di saluran pencernaan berkaitan dengan peningkatan risiko terjadinya kanker kolon (Allauddin, 2019). Pasien dengan penyakit IBD memiliki peningkatan risiko terjadinya kanker kolon sekitar 10 kali lipat (Seril, dkk., 2003).

Model hewan kolitis telah dikembangkan dan banyak digunakan untuk pengobatan IBD (Itzkowitz, dkk., 2004). Peradangan yang terjadi pada hewan percobaan dilakukan dengan menginduksikan senyawa kimia seperti *dextran sodium sulfate* (DSS). Salah satu hewan coba yang digunakan yaitu jenis mencit APC min/+ . Mencit APC min/+ merupakan tikus yang telah mengalami mutasi gen pada sel APC. Percobaan Phutthaphadoong, dkk. (2010) menggunakan tikus jenis tersebut dengan memberi DSS 1,5 persen selama 7 hari sebagai pengganti air minum untuk membentuk peradangan pada kolon tikus. Percobaan tersebut menggunakan hewan percobaan yang diberi pakan berupa 10 persen bekatul fermentasi. Bekatul difermentasi dengan *Aspergillus oryzae* selama ± 48 jam. Hasil percobaan tersebut menyatakan bahwa pemberian bekatul fermentasi dapat menghambat tumorigenesis kolorektal terkait peradangan diinduksi oleh DSS pada mencit dengan ditandai penurunan tingkat ekspresi mRNA *Cox2* dan *iNos* dibandingkan dengan mencit kontrol. Penghambatan tersebut dapat terjadi dikarenakan adanya peningkatan komponen fenol pada bekatul selama fermentasi. Penekanan aktivitas proliferasi sel pada epitel kolon dapat terjadi karena adanya efek kemopreventif dari bekatul fermentasi.

Onuma, dkk. (2015) melakukan penelitian mengenai peran fermentasi beras cokelat dan bekatul dalam model karsinogenesis terkait peradangan pada mencit. Beras cokelat dan bekatul difermentasi dengan *Aspergillus oryzae*. Sel QR-32 regresif disuntikkan secara subkutan pada mencit C57BL/6. Sel QR-32 bertanggung jawab pada terbentuknya tumor mematikan karena terjadi infiltrasi masif sel inflamasi. Suplementasi beras cokelat dan bekatul terfermentasi dengan konsentrasi 5 persen atau 10 persen mampu mengurangi insiden tumor (masing-masing 35 persen dan 20 persen terjadinya tumor pada mencit dari keseluruhan populasi) dibandingkan kelompok yang tidak diberikan beras cokelat dan bekatul terfermentasi (70 persen terjadinya tumor pada mencit dari keseluruhan populasi). Beras cokelat dan bekatul terfermentasi dapat menekan ekspresi gen *TNF- $\alpha$* , *Mac-1*, *CCL3*, dan *CXCL2*. Hasil tersebut menunjukkan bahwa suplementasi beras cokelat dan bekatul yang

difermentasi dengan *Aspergillus oryzae* dapat menghambat karsinogenesis terkait peradangan pada tikus melalui penghambatan infiltrasi sel inflamasi (Onuma, dkk., 2015).

Islam, dkk. (2017) melakukan penelitian menggunakan model hewan percobaan *ulcerative colitis* (UC). Hewan percobaan yang digunakan yaitu mencit jantan C57Bl/6N yang diinduksi dengan DSS 3 persen selama 12 hari. Hewan percobaan tersebut diberi pakan kontrol AIN 93 M yang ditambahkan 10 persen bekatal fermentasi. Bekatal difermentasi dengan bantuan kapang dan bakteri asam laktat yaitu *Aspergillus kawachii* dan *Lactobacillus* sp. Kelompok hewan percobaan yang diberikan pakan bekatal fermentasi dapat melemahkan peradangan usus dengan peningkatan produksi SCFA dan *tryptamine*. Aktivitas MPO, kadar zat reaktif asam tiobarbiturat, dan tingkat transkrip sitokin pro-inflamasi (*Tnf-a*, *Il-1b*, *Il-6*, dan *Il-17*) secara signifikan lebih tinggi pada kelompok kontrol dan bekatal daripada kelompok bekatal fermentasi. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pemberian pakan bekatal fermentasi dapat mencegah terjadinya UC lebih baik dibandingkan pakan bekatal non-fermentasi. Hasil tersebut pun dapat membuktikan bahwa bekatal fermentasi dapat menjadi agen yang efektif untuk mencegah terjadinya *ulcerative colitis* (UC).

## V. MEKANISME PENCEGAHAN KANKER KOLON OLEH KOMPONEN BIOAKTIF

Kanker kolon dapat dicegah dengan mengonsumsi bahan pangan yang mengandung komponen bioaktif. Bekatal merupakan salah satu bahan pangan yang mengandung beragam komponen bioaktif. Komponen bioaktif yang terkandung dalam bekatal dan berperan sebagai pencegah kanker kolon yaitu  $\gamma$ -oryzanol, asam ferulat, asam cafeat, trisin, asam kumarat, asam fitat,  $\alpha$ -tokoferol,  $\gamma$ -tokoferol, dan berbagai tokotrienol (Henderson, dkk., 2012).

Bekatal sebagai agen pencegah kanker dapat melalui beberapa mekanisme. Mekanisme yang dapat terjadi yaitu induksi apoptosis serta penghambatan proliferasi sel kanker, perlindungan sel terhadap radikal bebas, deregulasi jalur pensinyalan *Wnt /  $\beta$ -catenin* dan peningkatan respons imun (Tan dan Norhaizan,

2017). Induksi apoptosis serta penghambatan proliferasi sel kanker dapat terjadi dengan adanya peningkatan ekspresi gen *caspase-3* dan *p53*, penghentian jalur sel G2-M, dan ekspresi gen *BCL-xL*. Perlindungan sel terhadap radikal bebas dapat melalui pengikatan spesies oksigen reaktif dan spesies nitrogen reaktif, penghambatan lipid peroksidasi, dan peningkatan aktivitas enzim antioksidan. Peningkatan respons imun dengan terjadinya antiinflamasi dan *anticancer immunity* (Henderson, dkk., 2012).

Apoptosis sel merupakan suatu mekanisme yang efisien untuk mengeliminasi sel yang tidak diperlukan dan mungkin berbahaya sehingga dapat menyelamatkan sel-sel tersebut (Williams, 1991). Apoptosis atau kematian sel terprogram memainkan peran penting dalam pemeliharaan jaringan, homeostasis organ, dan kematian sel yang dikendalikan secara genetik untuk menyeimbangkan proliferasi sel (Khan, dkk., 2007). Dengan demikian, penyimpangan apoptosis berkontribusi pada perkembangan kanker. Bekatal merupakan sumber komponen bioaktif yang dapat meningkatkan apoptosis sel dan menekan terjadinya proliferasi sel. Kandungan antosianin dan asam ferulat pada bekatal beras hitam diduga mampu menghambat terjadinya kanker kolon melalui jalur apoptosis. Gugus aktif pada antosianin dan asam ferulat akan mengaktifkan gen inisiator apoptosis yaitu *caspase-8* serta gen efektor yaitu *caspase-3* (Yin, dkk., 2009). Asam fitat pada bekatal dapat menurunkan marker antiapoptosis yaitu gen *bcl-xL* serta dapat meningkatkan gen *pro-apoptosis* yaitu *caspase-3* dan *caspase-8* (Shafie, dkk., 2013). Pencegahan tahap inisiasi kanker selain melalui jalur induksi apoptosis, dapat pula melalui penekanan proliferasi sel-sel kanker. Forster, dkk. (2013) melaporkan bahwa total fenol dan senyawa  $\gamma$ -tokotrienol dari bekatal dapat menurunkan proliferasi sel kanker kolon.

Salah satu mekanisme yang efektif untuk mencegah kanker adalah dengan memblokir inisiasi melalui penghambatan kerusakan DNA yang dihasilkan dari spesies oksigen reaktif (ROS) atau karsinogen lainnya (Manson, 2003). Stres oksidatif dapat menyebabkan kerusakan sel yang signifikan dan mutasi yang tidak reversibel. Oleh karena itu, antioksidan dalam jumlah yang cukup dapat melindungi sel dari

---

kerusakan akibat radikal bebas. Antioksidan akan berperan sebagai *free radical scavenger* melalui pemutusan reaksi oksidasi berantai dengan cara mendonorkan atom H pada senyawa radikal bebas sehingga menghasilkan produk-produk yang lebih stabil (Craft, dkk., 2012).

Bekatul merupakan sumber senyawa bioaktif dengan sifat antioksidan, seperti  $\beta$ -sitosterol dan beragam fenolat dan karotenoid. Asam ferulat telah terbukti dapat menetralkan radikal anion superoksida secara efektif dan menghambat proses lipid peroksidasi (Srinivasan, dkk., 2007). Senyawa  $\beta$ -sitosterol kemampuannya untuk menetralkan spesies oksigen reaktif serta menekan ekspresi gen  $\beta$ -catenin dan PCNA pada sel kanker usus besar manusia (Baskar, dkk., 2010). Noaman, dkk. (2008) menunjukkan kemampuan suplemen *arabinoxylan* (MGN-3) dari bekatul padi meningkatkan aktivitas enzim antioksidan untuk spesies oksigen reaktif seperti *glutathione peroxidase*, superoksida dismutase, dan katalase pada tikus yang mengandung tumor.

Deregulasi pensinyalan Wnt/ $\beta$ -catenin telah terbukti berhubungan dengan kanker terutama kanker kolon (Li, dkk., 2012). *Cyclin D1* adalah protein siklus sel yang ditargetkan oleh  $\beta$ -catenin yang sering diekspresikan berlebihan dalam jaringan tumor kolon (Zhang, dan Nanney, 1997). Leardkamolkarn, dkk. (2011) melaporkan bahwa ekstrak metanol dari bekatul dapat mengurangi jumlah *cyclin D1* pada sel karsinoma kolon (Caco-2). Pengurangan *cyclin D1* yang diamati pada sel-sel karsinoma kolon berkaitan dengan adanya vitamin E atau tokotrienol yang berasal dari bekatul. Demikian pula, Sun dkk. (2009) melaporkan bahwa vitamin E atau tokorienol mengurangi ekspresi *cyclin D1* pada adenokarsinoma lambung. Senyawa asam fitat pada bekatul juga telah dilaporkan memiliki efek yang sama dalam mengurangi ekspresi  $\beta$ -catenin, yang berpotensi mengurangi karsinogenesis usus (Saad, dkk., 2003).

Komponen bioaktif pada bekatul dapat mencegah kanker melalui peningkatan respons imun. Komponen bioaktif tersebut akan meningkatkan respons imun melalui pemblokiran infeksi virus yang terkait dengan tumor yang diinduksi virus atau dengan penekanan spesifik

sel tumor (Vesely, dkk., 2011). Tahap-tahap awal dari respons peradangan sangat penting dalam perlindungan terhadap infeksi dan cedera. Keadaan inflamasi kronis yang tidak terkontrol akan menguntungkan perkembangan kanker (Henderson, dkk., 2012). Infeksi dan peradangan kronis menstimulasi gen yang berhubungan dengan inflamasi seperti *NF-kB* dan ekspresi *nitric oxide synthase (iNOS)* yang dapat diinduksi (Van der Woude, dkk., 2004). Henderson, dkk. (2012) menyatakan bahwa seluruh bekatul beras memodulasi respons imun mukosa dengan meningkatkan jumlah kelenjar getah bening mesenterika dan sel dendritik lamina propria. Asam ferulat dari bekatul berpotensi untuk menjadi agen kemopreventif kanker dengan menghambat *lipopolysaccharide* (LPS-) yang diinduksi ekspresi protein *iNOS* dan COX-2 serta menekan pelepasan tumor *necrosis factor- $\alpha$*  (TNF- $\alpha$ ). Studi sebelumnya oleh Morel, dkk. (2011) melaporkan kemampuan  $\alpha$ -tokoferol untuk produksi sitokin dan perekutan monosit, yang diperlukan dalam pengembangan imunitas adaptif. Penelitian oleh Sierra, dkk. (2005) juga melaporkan kemampuan minyak bekatul dapat mengatur respons imun dengan meningkatkan proliferasi sel B dan menginduksi *interleukin-2* (IL-2) dan produksi TNF- $\alpha$ . Selain itu, ekstrak bekatul MGN-3 dapat meningkatkan produksi sitokin dan aktivitas sel pembunuh alami (NK) (El-Din, dkk., 2008).

## VI. KESIMPULAN

Bekatul merupakan hasil sampingan dari pengolahan padi yang dapat menjadi pangan fungsional pencegah kanker kolon karena memiliki komponen bioaktif yang melimpah. Proses fermentasi dapat meningkatkan komponen bioaktif lebih dari 100 persen pada bekatul seperti komponen fenolik dan komponen flavonoid. Penelitian secara *in vitro* dan *in vivo* menunjukkan bahwa fermentasi bekatul dapat mencegah perkembangan kanker kolon lebih baik dibandingkan dengan bekatul non-fermentasi. Pencegahan kanker kolon berdasarkan penelitian *in vivo* dan *in vitro* dapat melalui jalur induksi apoptosis dengan meningkatnya ekspresi gen apoptosis, penghambatan proliferasi sel kanker dengan penurunan gen marka proliferasi, dan peningkatan respons imun dengan menurunnya

sitokin pro-inflamasi. Proses pencegahan kanker kolon dengan komponen bioaktif dapat melalui jalur induksi apoptosis serta penghambatan proliferasi sel kanker, perlindungan sel terhadap radikal bebas, deregulasi jalur pensinyalan *Wnt* /  $\beta$ -catenin dan peningkatan respons imun.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Allauddin. M., S. Rahman, J. Islam, H. Shirakawa, M. Komai, and M.Z.H. Howlader. 2019. *Development of Rice Bran Functional Food and Evaluation of Its Healthful Properties. Di dalam Rice Bran and Rice Bran Oil*. AOCS Press. Elsevier Inc: Amsterdam
- Ahmed, D., P.W. Eide, I.A. Eilertsen, S.A. Danielsen, M. Eknæs, M. Hektoen, G.E. Lind, and R.A. Lothe. 2013. Epigenetic and genetic features of 24 colon cancer cell lines. *Oncogenesis*. 2(9):1–8.
- Baskar, A.A., S. Ignacimuthu, G.M. Paulraj, and K.S. Al Numair. 2010. Chemopreventive potential of  $\beta$ -Sitosterol in experimental colon cancer model - an in vitro and In vivo study. *BMC Complement Altern Med.* 10(1):1–10
- Chaiyasut, C., N. Pengkumsri, S. Sirilun, S. Peerajan, S. Khongtan, and B.S. Sivamaruthi. 2017. Assessment of changes in the content of anthocyanins, phenolic acids, and antioxidant property of *Saccharomyces cerevisiae* mediated fermented black rice bran. *AMB Express*. 7(1):1–11.
- Chen, T.R., D. Drabkowski, R.J. Hay, M. Macy, and W. Jr. Peterson. 1987. WiDr is a Derivative of Another Colon Adenocarcinoma Cell Line, HT-29. *Cancer Genet Cytopogenet.* 27(1):125–34.
- Christ-Ribeiro, A., C. S. Graça, L. Kupski, E. Badiale-Furlong, and L. A. de Souza-Soares. 2019. Cytotoxicity, antifungal and anti mycotoxins effects of phenolic compounds from fermented rice bran and *Spirulina* sp. *Process Biochemistry*. 80: 190–196.
- Craft, B.D., A.L. Kerrihard, R. Amarowicz, and R.B. Pegg. 2012. Phenol-Based Antioxidants and the in Vitro Methods Used for Their Assessment. *Compr Rev Food Sci Food Saf.* 11(2):148–173.
- El-Din, N.K.B., E. Noaman, and M. Ghoneum. 2008. In vivo Tumor Inhibitory Effects of Nutritional Rice Bran Supplement MGN-3/Biobran on Ehrlich Carcinoma-Bearing Mice. *Nutrition and Cancer*. 60(2):235–244.
- Eseberri, I., J. Trepiana, A. Léniz, I. Gómez-García, H. Carr-Ugarte, M. González, and M.P. Portillo. 2022. Variability in the Beneficial Effects of Phenolic Compounds: A Review. *Nutrients*. 1925(14): 1–19.
- Forster, G.M., K. Raina, A. Kumar, S. Kumar, R. Agarwal, M.H. Chen, J.E. Bauer, A.M. McClung, and E.P. Ryan. 2013. Rice varietal differences in bioactive bran components for inhibition of colorectal cancer cell growth. *Food Chem.* 141(2):1545–1552.
- Henderson, A.J., C.A. Ollila, A. Kumar, E.C. Borresen, K. Raina, R. Agarwal, and E.P. Ryan. 2012. Chemopreventive Properties of Dietary Rice Bran: Current Status and Future Prospects. *Adv Nutri.* 3(5):643–653.
- [IARC] International Agency for Research on Cancer. 2014. *Estimated Cancer Incidence, Mortality, and Prevalence Worldwide in 2020*. [http://globocan.iarc.fr/Pages/fact\\_sheets\\_population.aspx](http://globocan.iarc.fr/Pages/fact_sheets_population.aspx). [diakses 20 Mei 2021]
- Islam, J., T. Koseki, K. Watanabe, Ardiansyah, S. Budijanto, A. Oikawa, and H. Shirakawa. 2017. Dietary Supplementation of Fermented Rice Bran Effectively Alleviates Dextran Sodium Sulfate-Induced Colitis in Mice. *Nutrients*. 9(7): 747–xx
- Itoh, M., N. Nishibori, T. Sagara, Y. Horie, A. Motojima, and K. Morita. 2012. Extract of Fermented Brown Rice Induces Apoptosis of Human Colorectal Tumor Cells by Activating Mitochondrial Pathway. *Phytotherapy Research*. 26(11): 1661–1666.
- Itzkowitz, S. H. and X. Yio. 2004. Inflammation and Cancer IV. Colorectal Cancer in Inflammatory Bowel Disease: The Role of Inflammation. *American Journal of Physiology-Gastrointestinal and Liver Physiology*. 287(1): G7–G17.
- Kurniati, Y., S. Budijanto, L. Nuraida, dan F. N.A. Dewi. 2017. Peningkatan Senyawa Fenolik Bekatul dengan SSF (Solid State Fermentation) sebagai Pencegah Kanker. *Iptek Tanaman Pangan*. 12(2):97–104.
- Khan, N., F. Afaq, dan H. Mukhtar. 2006. Apoptosis by Dietary Factors: The Suicide Solution for Delaying Cancer Growth. *Carcinogenesis*. 28(2):233–239.
- Leardkamolkarn, V., W. Thongthep, P. Suttiarporn, R. Kongkachuchai, S. Wongpornchai, and A. Wanavijitr. 2011. *Chemopreventive properties of the bran extracted from a newly-developed Thai rice: The Riceberry*. *Food Chemistry*. 125(3): 978–985.
- Li, V.S.W., S.S. Ng, P.J. Boersema, T.Y. Low, W.R. Karthaus, J.P. Gerlach, M.M. Maurice, and T. Mahmoudi. 2012. Wnt Signaling through Inhibition of  $\beta$ -Catenin Degradation in an Intact Axin1 Complex. *Cell*. 149(6):1245–1256.
- Manson, M.M. 2003. Cancer Prevention – The Potential for Diet to Modulate Molecular

- Signalling. *Trends Mol Med.* 9(1):11–18.
- Martins, S., S.I. Mussatto, G. Martinez-Avila, J. Montanéz-Saenz, C.N. Aguilar, and J.A. Teixeira. 2011. Bioactive Phenolic Compounds: Production and Extraction by Solid State Fermentation. *Biotechnol Adv.* 29(3): 365–373.
- Moon, S.H and H.C. Chang. 2021. Rice Bran Fermentation Using *Lactiplantibacillus plantarum* EM as a Starter and the Potential of the Fermented Rice Bran as a Functional Food. *Foods.* 10(5): 978–xx
- Morel, S., A. Didierlaurent, P. Bourguignon, S. Delhaye, B. Baras, V. Jacob, C. Planty, A. Elouahabi, P. Harvengt, and H. Carlsen. 2011. Adjuvant System AS03 Containing  $\alpha$ -tocopherol Modulates Innate Immune Response and Leads to Improved Adaptive Immunity. *Vaccine.* 29(13):2461–2473.
- Noaman, E., N.K. Badr El-Din, M.A. Bibars, A.A. Abou Mossallam, and M. Ghoneum. 2008. Antioxidant Potential by Arabinoxylan Rice Bran, MGN-3/biobran, Represents a Mechanism for its Oncostatic Effect against Murine Solid Ehrlich Carcinoma. *Cancer Lett.* 268(2):348–359.
- Nurtiana, W., S. Budijanto, L. Nuraida, dan F.N.A. Dewi. 2018. Bekatul Beras Pencegah Kanker Kolon. *Jurnal Pangan.* 26(3):227–236. <https://doi.org/10.33964/jp.v26i3.368>.
- Oliveira, M.S., L. Kupski, V. Fedder, E. Cipolatti, E. Badiale-Furlong, and L.A. Souza-Soares. 2010. Physico-Chemical Characterization of Fermented Rice Bran Biomass. *J Food.* 8(3):236–269.
- Onuma, K., Y. Kanda, S. Suzuki Ikeda, R. Sakaki, T. Nonomura, M. Kobayashi, dan F. Okada. 2015. Fermented Brown Rice and Rice Bran with *Aspergillus oryzae* (FBRA) Prevents Inflammation-Related Carcinogenesis in Mice, through Inhibition of Inflammatory Cell Infiltration. *Nutrients.* 7(12):10237–10250.
- Phutthaphadoong, S., Y. Yasuhiro, H. Akihiro, T. Hiroyuki, H. Akira, L. Pornngarm, I. Teruaki, K. Hiroshi, and M. Hideki. 2010. Chemopreventive Effect of Fermented Brown Rice and Rice Bran (FBRA) on the Inflammation-Related Colorectal Carcinogenesis in ApcMin/+ mice. *Oncology Reports.* 23(1).
- Razak, D.L.A, N.Y.A. Rashid, A. Jamaluddin, S.A. Sharifudin, and K. Long. 2014. Enhancement of Phenolic Acid Content and Antioxidant Activity of Rice Bran Fermented with *Rhizopus oligosporus* and *Monascus purpureus*. *Biocat Agric Biotechnol.* 4(1):33–38.
- Razak, D.L.A., A.R. Nur Yuhasliza, J. Anisah, A.S. Shaiful, A.K. Aina, and L. Kamariah. 2015. Cosmeceutical Potentials and Bioactive Compounds of Rice Bran Fermented with Single and Mix Culture of *Aspergillus oryzae* and *Rhizopus oryzae*. *J Saudi Soc Agric Sci.* 4:33–38.
- Saad, N., N.M. Esa, and H. Ithnin. 2003. Suppression of  $\beta$ -catenin and Cyclooxygenase-2 expression and Cell Proliferation in Azoxymethane-Induced Colonic Cancer in Rats by Rice Bran Phytic Acid (PA). *Asian Pac J Cancer Prev.* 14(5):3093–3099.
- Sadh, P., S. Kumar, P. Chawla, and J. Duhan. 2018. Fermentation: A Boon for Production of Bioactive Compounds by Processing of Food Industries Wastes (By-Products). *Molecule.* 23(10):2560–2593.
- Safrida. 2020. *Penghambatan Proliferasi Sel Kanker Kolon WiDr in vitro oleh Ekstrak Bekatul Beras Hitam Fermentasi* [tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Safrida, S. Budijanto, N. Lilis, dan P.P. Bambang. 2020. Potency of Bioactive Compound of Rice Bran for Colon Cancer Prevention. *Jurnal Kesehatan Masyarakat.* 160(2): 284–295.
- Saji, N., N. Francis, L.J. Schwarz, C.L. Blanchard, and A.B. Santhakumar. 2019. Rice Bran Derived Bioactive Compounds Modulate Risk Factors of Cardiovascular Disease and Type 2 Diabetes Mellitus: An Updated Review. *Nutrients.* 11(11): 2736.
- Sánchez, C. 2009. Lignocellulosic Residues: Biodegradation and Bioconversion by Fungi. *Biotechnol Adv.* 27(2): 185–194.
- Schmidt, C.G., L.M. Gonçalves, L. Prietto, H.S. Hackbart, and E.B. Furlong. 2014. Antioxidant Activity and Enzyme Inhibition of Phenolic Acids from Fermented Rice Bran with Fungus *Rhizopus Oryzae*. *Food Chem.* 146:371–377.
- Schmidt, C. G. and E.B. Furlong. 2012. Effect of Particle Size and Ammonium Sulfate Concentration on Rice Bran Fermentation with the Fungus *Rhizopus oryzae*. *Bioresource Technology.* 123:36–41.
- Seril, D.N., J. Liao, G.Y. Yang, and C.S. Yang. 2003. Oxidative Stress and Ulcerative Colitis-associated Carcinogenesis: Studies in Humans and Animal Models. *Carcinogenesis.* 24(3):353–362.
- Shafie, N., N. Esa, H. Ithnin, N. Saad, and A. Pandurangan. 2013. Pro-Apoptotic Effect of Rice Bran Inositol Hexaphosphate (IP6) on HT-29 Colorectal Cancer Cells. *Int J Mol Sci.* 14(12):23545–23558.
- Shibayama, J., T. Kuda, A. Shikano, M. Fukunaga, H. Takahashi, B. Kimura, and S. Ishizaki. 2018.

- Effects of Rice Bran and Fermented Rice Bran Suspensions on Caecal Microbiota in Dextran Sodium Sulphate-Induced Inflammatory Bowel Disease Model Mice. *Food Bioscience*. 25:8–14.
- Sierra, S., F. Lara-Villoslada, M. Olivares, J. Jiménez, J. Boza, and J. Xaus. 2005. Increased Immune Response in Mice Consuming Rice Bran Oil. *Eur J Nutr*. 44(8):509–516.
- Srinivasan, M., A.R. Sudheer, and V.P. Menon. 2007. Recent Advances in Indian Herbal Drug Research Guest Editor: Thomas Paul Asir Devasagayam Ferulic Acid: Therapeutic Potential Through Its Antioxidant Property. *J Clin Biochem Nutr*. 40(2):92–100.
- Sun, W., W. Xu, H. Liu, J. Liu, Q. Wang, J. Zhou, F. Dong, and B. Chen. 2009.  $\gamma$ -Tocotrienol induces mitochondria-mediated apoptosis in human gastric adenocarcinoma SGC-7901 cells. *J Nutr Biochem*. 20(4):276–284.
- Sung, H., F. Jacques, L.S. Rebecca, L. Mathieu, S. Isabelle, J. Ahmedin, and B. Freddie. 2021. Global Cancer Statistics 2020: GLOBOCAN Estimates of Incidence and Mortality Worldwide for 36 Cancers in 185 Countries. *Ca Cancer J Cli*. 0:1–41.
- Tan, B. L., and M. E. Norhaizan. 2017. Scientific Evidence of Rice By-Products for Cancer Prevention: Chemopreventive Properties of Waste Products from Rice Milling on Carcinogenesis in vitro and in vivo. *BioMed Research International*. 1–18.
- Udayangani, S. 2019. *Difference Between Solid State Fermentation and Submerged Fermentation*. <https://www.differencebetween.com/difference-between-solid-state-fermentation-and-submerged-fermentation/>. [diakses 9 November 2021]
- Van der Woude, C.J., J.H. Kleibeuker, P.L.M. Jansen, and H. Moshage. 2004. Chronic Inflammation, Apoptosis and (pre-)Malignant Lesions in the Gastro-intestinal Tract. *Apoptosis*. 9(2):123–130.
- Vesely, M.D., M.H. Kershaw, R.D. Schreiber, and M.J. Smyth. 2011. Natural Innate and Adaptive Immunity to Cancer. *Annu Rev Immunol*. 29(1):235–271.
- Williams, G. 1991. Programmed Cell Death: Apoptosis and Oncogenesis M in Review. *Cells*. 65:1097–1098.
- Yin, M.C., C.C. Lin, H.C. Wu, S.M. Tsao, and C. Hsu. 2009. Apoptotic Effects of Protocatechuic Acid in Human Breast, Lung, Liver, Cervix, and Prostate Cancer Cells: Potential Mechanisms of Action. *J Agric Food Chem*. 57(14):6468–6473.
- Zhang, T., L. B and C. Nanney. 1997. Concurrent overexpression of cyclin D1 and cyclin-dependent kinase 4 (Cdk4) in intestinal adenomas from multiple intestinal neoplasia (min) mice and human familial adenomatous polyposis patients. *Cancer Research*, 57(1):169–175.
- Zhang, M.W., R.F. Zhang, F.X. Zhang, and R.H. Liu. 2010. Phenolic Profiles and Antioxidant Activity of Black Rice Bran of Different Commercially Available Varieties. *J Agric Food Chem*. 58(13): 7580–7587.
- Zulfafamy, K.E., Ardiansyah, dan S. Bujidanto. 2018. Antioxidative Properties and Cytotoxic Activity Against Colon Cancer Cell WiDr of *R Rhizopus oryzae* and *Rhizopus oligosporus*- Fermented Black Rice Bran Extract. *Curr. Res. Nutr Food Sci Jour*. 6(1):23–34.

#### BIODATA PENULIS:

**Nurul Dwi Fitriani** dilahirkan di Bogor, 06 Maret 1993. Penulis menyelesaikan pendidikan S1 di Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan Universitas Padjadjaran tahun 2010 dan melanjutkan program S2 di Magister Ilmu Pangan, Institut Pertanian Bogor pada tahun 2018.

**Slamet Budijanto** dilahirkan di Madiun, 2 Mei 1961. Penulis menyelesaikan pendidikan S1 Teknologi Pangan dan Gizi, Institut Pertanian Bogor tahun 1985, pendidikan S2 *Food Chemistry*, *Tohoku University*, Jepang tahun 1990 dan S3 *Food Chemistry*, *Tohoku University Jepang* tahun 1993.

**Bambang Pontjo Priosoeryanto** dilahirkan di Bandung, 28 Februari 1960. Penulis menyelesaikan pendidikan S1 Kedokteran Hewan, Institut Pertanian Bogor tahun 1983, pendidikan Dokter Hewan, Institut Pertanian Bogor tahun 1984, pendidikan S2 Sains Vesteriner, Institut Pertanian Bogor tahun 1990, dan S3 *Pathology and Preventive Veterinary Medicine*, *Yamaguchi University* Jepang tahun 1994.

**Endang Prangdimurti** dilahirkan di Bogor, 23 Juli 1968. Penulis menyelesaikan pendidikan S1 Teknologi Pangan dan Gizi, Institut Pertanian Bogor tahun 1986, pendidikan S2 Ilmu Pangan, Institut Pertanian Bogor tahun 1995 dan S3 Ilmu Pangan, Institut Pertanian Bogor tahun 2001.

---

## PETUNJUK PENULISAN “PANGAN”

### ISI DAN KRITERIA UMUM

**Pangan**, terbit 3 (tiga) kali setahun, adalah jurnal nasional terakreditasi dengan peringkat 2 oleh Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi RI nomor 28/E/KPT/2019. Jurnal Pangan mempublikasikan artikel ilmiah (*research article*), kajian (*review*) tentang pangan, baik sains maupun terapan dan tulisan lainnya yang berkaitan dengan pangan. Redaksi menerima tulisan dari semua bidang ilmu yang terkait dengan komoditi pangan dari segala sumber. Komoditi pangan yang dimaksud adalah beras, jagung, kedelai, gula, minyak goreng, tepung terigu, bawang merah/putih, cabe daging sapi, daging ayam ras, dan telur ayam. Ruang lingkup penulisan meliputi aspek-aspek yang berkaitan dengan produksi, pengolahan, penyimpanan, transportasi, pemasaran, perdagangan, konsumsi dan gizi, sarana, teknologi, jasa, pendanaan, dan kebijakan. Tulisan yang dikirim ke redaksi adalah tulisan yang belum pernah dipublikasikan atau tidak sedang diajukan pada majalah/jurnal lain.

Tulisan ditulis dalam bahasa Indonesia sesuai kaidah bahasa yang digunakan. Tulisan harus selalu dilengkapi dengan Abstrak dwibahasa (Indonesia dan bahasa Inggris). Tulisan yang diajukan harus disertai biodata penulis yang berisi nama lengkap penulis, tempat tanggal lahir, jabatan penulis, instansi penulis beserta alamatnya, riwayat pendidikan penulis, dan alamat email. Tulisan yang isi dan formatnya tidak sesuai dengan pedoman penulisan “Pangan” akan ditolak oleh Redaksi dan Redaksi tidak berkewajiban untuk mengembalikan tulisan tersebut.

### KATEGORI TULISAN

**Artikel Ilmiah (Research Article)** (sekitar 8-20 halaman jurnal). Artikel yang diajukan berisi kemajuan utama (*major advance*) yang merupakan *original research findings*. Artikel ilmiah harus mencakup abstrak, pandahuluan, bagian-bagian dengan sub-judul (*sub-heading*) ringkas, dan maksimum 40 referensi. Materi dan metode harus dimasukkan guna menunjang material *online*, yang juga harus memasukkan informasi lain yang dibutuhkan untuk mendukung kesimpulan.

**Kajian (Review)** (sekitar 8-20 halaman jurnal) mendeskripsikan perkembangan baru kesignifikanan interdisiplin dan menyorot pertanyaan-pertanyaan yang belum teresolusi serta arahnya di masa mendatang. Semua *review* akan melalui proses pengkajian oleh *peer-reviewer*. *Review* yang dikirim harus memuat abstrak, pandahuluan, bagian-bagian dengan sub-judul (*sub-heading*) ringkas, dan maksimum 40 referensi.

**Tulisan selain artikel ilmiah dan kajian yang berkaitan dengan pangan** (sekitar 2-8 halaman jurnal) menyajikan hal-hal seperti kebijakan-kebijakan baru dan penting dengan kesignifikanan yang luas, baik skala nasional maupun internasional, komentar terhadap masalah pangan, diseminasi undang-undang, Peraturan Pemerintah, Inpres, Keppres, bedah buku, wawancara.

Tulisan yang dikirim diprioritaskan yang berskala nasional dan internasional.

### SELEKSI NASKAH

**Pertama**, Proses pengajuan dan *review* tulisan dilakukan baik lewat *hardcopy* maupun *softcopy*.

**Kedua**, Tulisan yang dipertimbangkan untuk di *review* adalah yang memenuhi persyaratan penulisan sesuai petunjuk penulisan.

**Ketiga**, Semua tulisan yang telah memenuhi tata cara penulisan akan diberikan penilaian tentang kepentasan pemuatannya oleh Dewan Editor (*Board of Reviewing Editors*).

**Keempat**, Tulisan yang layak diterbitkan akan diproses lebih lanjut. Waktu yang dibutuhkan untuk proses penelaahan oleh dewan editor dan mitra bestari paling lama 8 minggu setelah tulisan diterima.

**Kelima**, Tulisan yang tidak dapat diterbitkan akan diberitahukan kepada penulis via e-mail.

### FORMAT PENULISAN

**Umum**. Seluruh bagian dari tulisan termasuk judul, abstrak, judul tabel dan gambar, catatan kaki dan daftar acuan diketik satu spasi pada *electronic file* dan *print out* dalam kertas ukuran A4. Pengetikan dilakukan dengan menggunakan huruf (*font*) *Arial* berukuran 11 point dengan jarak spasi 1 (spasi) dan jarak antar paragraph 6 point.

Setiap halaman diberi nomor serta secara berurutan termasuk halaman gambar dan tabel. Hasil penelitian atau ulas balik/tinjauan ditulis minimal 8 lembar dan maksimal 20 lembar, termasuk gambar dan tabel. Selanjutnya susunan naskah dibuat sebagai berikut :

Tulisan ilmiah dari hasil penelitian harus mempunyai struktur sebagai berikut :

**Judul (Titles)** makalah ilmiah bahan publikasi hasil riset semestinya menonjolkan fenomena yang diteliti (objek

---

riset). Judul bukan metode dan juga bukan kegiatan (proyek). Judul tidak terlalu panjang dimana fungsi aneka kata kunci terkait jelas. Judul dibuat dalam dua bahasa yaitu bahasa Indonesia dan bahasa Inggris serta ditulis dengan jenis huruf *Times New Roman* ukuran 16 point. Pada bagian bawah judul dicantumkan identitas penulis yang memuat nama penulis, lembaga dan alamat lembaga serta alamat e-mail.

**Abstrak (abstracts)** menjelaskan kepada pembaca umum kenapa riset dilakukan dan kenapa hasilnya penting. Abstrak tidak lebih dari 200 kata, mengemukakan poin-poin utama tulisan dan *outline* hasil atau kesimpulan. Abstrak ditulis dalam satu paragraf dan mengandung poin-poin sebagai berikut : (i) Alasan riset dilakukan (*the purpose and objective of the study; the central question*); (ii) Pernyataan singkat apa yang telah dilakukan (*what was done; the method*); (iii) Pernyataan singkat apa yang telah ditemukan (*what was found; the result*); dan (iv) Pernyataan singkat tentang kesimpulan (*what was concluded; discussion*). Abstrak harus ditulis dalam dwibahasa (Indonesia dan Inggris). Abstrak juga harus disertai dengan kata kunci (*keywords*) antara 3-6 kata dan ditulis dalam dwibahasa.

**Pendahuluan**, berisi penjelasan padat dan ringkas tentang latar belakang penelitian, tujuan penulisan atau menggambarkan apa yang akan disampaikan dalam tulisan secara jelas namun tidak terlalu berlebihan. Pendahuluan harus didukung oleh sumber pustaka yang memadai khususnya pustaka primer dan jelas menunjukkan perkembangan dari materi penulisan.

**Metodologi** berisikan disain penelitian yang digunakan, populasi, sampel, sumber data, instrumen, analisis dan teknik analisis yang digunakan.

**Hasil dan pembahasan** Hasil adalah temuan penelitian yang disajikan apa adanya tanpa pendapat penulis dan pembahasan menjelaskan dengan baik serta argumentatif tentang temuan penelitian serta relevansinya dengan penelitian terdahulu.

**Kesimpulan** menjawab tujuan penelitian tanpa melampauinya. Bila ada rekomendasi penelitian, dapat dimasukkan dalam subbab kesimpulan.

**Daftar Pustaka**, bagian ini berisi sumber rujukan yang digunakan dalam penulisan ilmiah tersebut. Ditulis dengan menggunakan sistem Chicago dan disusun menurut abjad. Daftar pustaka ditulis dengan menggunakan jenis huruf arial ukuran 10 point.

**Biodata Penulis** berisi nama lengkap penulis, tempat tanggal lahir, jabatan dan instansi penulis, riwayat pendidikan serta alamat email. Biodata penulis ditulis dengan menggunakan jenis huruf arial ukuran 10 point.

Tulisan ilmiah dari hasil penelitian, apabila penulis perlu menyampaikan ucapan terimakasih dapat dimasukkan dalam tulisan dan diletakkan sebelum daftar pustaka.

Tulisan ilmiah yang berbentuk kajian (bukan hasil penelitian murni) memiliki struktur seperti diatas namun tidak harus mencantumkan metode penelitian dalam subbab tersendiri.

Tulisan lain yang berkaitan dengan pangan, struktur penulisannya disesuaikan dengan isi.

### **Contoh Penulisan Daftar Pustaka :**

#### **Buku**

Sawit, M. Husein dan Erna Maria Lakollo. 2007. *Rice Import Surge in Indonesia*. Bogor : ICASEPS and AAI.

#### **Terjemahan**

Kotler, Philip. 1997. *Manajemen pemasaran : Analisis, perencanaan, implementasi* (Hendra Teguh & Ronny Antonius Rusli, Penerjemah.). Jakarta: Prenhallindo.

#### **Seminar**

Notohadiprawiro, T. dan J.E. Louhenapessy. 1992. Potensi Sagu Dalam Penganekaragaman Bahan Pangan Pokok Ditinjau Dari Persyaratan Lahan. Makalah disampaikan pada *Simposium Sagu Nasional*. 12-13 Oktober. Ambon.

#### **Bab dalam Buku**

Suismono dan Suyanti. 2008. Sukun sebagai Sumber Pangan Pokok Harapan dalam Penganekaragaman Konsumsi Pangan. *Di dalam* Wisnu Broto dan S. Prabawati (eds) *Teknologi Pengolahan untuk Penganekaragaman Konsumsi Pangan*. BB Pascapanen.

#### **Artikel Jurnal**

Morthy S.N. 1983. Effect of Some Physical and Chemical Treatment on Cassava Flour Quality. *Journal of Food Science and Technology*. Vol. 20. Nov/Dec : 302-305.

---

## **Surat Kabar**

Santoso, D. A.. 2009. Kedaulatan vs Ketahanan Pangan. *Kompas*, 13 Januari 2009.

## **Prosiding**

Manurung, S.O. dan S. Partohardjono. 1984. Prospek Penggunaan Sitozim Sebagai Komponen Teknologi Untuk Meningkatkan Hasil Padi. *Prosiding Simposium Padi*. Bogor : Puslitbangtan.

## **Publikasi Dokumen Pemerintah**

Biro Pusat Statistik. 1990. Struktur Ongkos Usaha Tani Padi dan palawija. Jakarta : BPS.

## **Skripsi/tesis/disertasi**

Brotodjojo, R.R.R. 2007. *Host searching behaviour of a generalist egg parasitoid – responses to alternative hosts with different physical characteristics*. PhD Thesis at The University of Queensland, 180h.

## **Situs Web**

Khomsan A. 2006. *Beras dan Diversifikasi Pangan*. <http://kompas.com/kompas-cetak/0612/21/opini/3190395.htm> [diakses 09 Feb 2008]

**Tabel** harus disusun secara jelas dan sesingkat mungkin. Penyusunan tabel harus memperhatikan hal-hal sebagai berikut : (i) tabel harus dapat dibaca dan dipahami secara tersendiri tanpa mengacu atau mengaitkannya dengan uraian pada teks, (ii) judul tabel harus dapat menggambarkan pemahaman terhadap isi tabel, (iii) pencantuman tabel sedekat mungkin dengan uraiannya pada teks, bila letak tabel berbeda halaman misalnya dua atau tiga halaman setelah uraian pada teks maka uraian dalam teks harus mencantumkan nomor tabel, dan bila agak jauh (melebihi tiga halaman) maka cantumkanlah nomor tabel dan halaman tabel. Penyusunan tabel harus memenuhi beberapa persyaratan yaitu : (i) Tabel dicantumkan pada kertas teks dan simetris terhadap ruang ketikan kiri dan kanan, (ii) Tabel diberi nomor urut dengan angka arab dan diikuti dengan judul tabel yang diletakkan simetris di atas tabel. Bila judul tabel lebih dari satu baris, maka baris kedua dan selanjutnya dimulai sejajar dengan huruf pertama judul tabel pada baris pertama, (iii) Tabel yang terdiri kurang dari satu halaman dapat diletakkan langsung dibawah teks pada naskah yang bersangkutan, dan bila lebih dari satu halaman teks dapat dilakukan dengan dilanjutkan pada halaman berikutnya dengan mencantumkan nomor tabel dan kata lanjutan tanpa disebutkan judul tabelnya atau diletakkan pada lampiran, (iv) tabel yang memuat kutipan dari data sekunder harus mencantumkan sumber kutipan pada bagian bawah kiri sesudah tabel, (v) tabel dibuat satu dimensi tanpa garis batas yang memisahkan antar kolom.

**Gambar** yang disajikan harus berkaitan dengan uraian pada naskah. Gambar dapat dibentuk bagan/diagram, grafik, peta maupun foto. Penyusunan gambar harus memperhatikan beberapa hal seperti halnya tabel, namun judul gambar diletakkan dibagian bawah gambar tersebut.

## **PENGIRIMAN**

Penulis dapat mengirimkan tulisan dalam bentuk *softcopy* melalui email ke :  
[redaksi@jurnalpangan.com](mailto:redaksi@jurnalpangan.com)

Penulis juga dapat mengirimkan tulisan dalam bentuk *compact disk* (CD) yang harus disiapkan dengan Program Microsoft Word dan dikirim ke :

### **Redaksi Jurnal Pangan**

Perum BULOG, Pusat Renstra, dan Manrisk, Lt 11 Gedung BULOG 1  
Jl. Gatot Subroto Kav 49, Jakarta Selatan, 12950.  
Telp . (021) 5252209 ext. 2123, 2131, 2103

Pengiriman naskah harus disertai dengan surat resmi dari penulis penanggung jawab/korespondensi (*corresponding outhor*), yang harus berisikan dengan nama jelas penulis korespondensi, alamat lengkap untuk surat menyurat, nomor telephone dan faks, serta alamat email dan telephon genggam jika memiliki. Penulis korespondensi bertanggungjawab atas isi naskah dan legalitas pengiriman naskah yang bersangkutan. Naskah juga sudah harus diketahui dan disetujui oleh seluruh anggota penulis dengan pernyataan tertulis.

---

Halaman ini sengaja dikosongkan

---