ANALISIS SIFAT FISIOKIMIA PRODUK EKSTRUSI HASIL SAMPING PENGGILINGAN PADI (MENIR DAN BEKATUL)

PHYSICOCHEMICAL ANALYSIS ON EXTRUDATES MADE FROM BY-PRODUCTS OF RICE MILLING INDUSTRY (BROKEN RICE AND BRAN)

Joko Hermanianto [1], Rizal Syarief [1], dan Zakiah Wulandari [2]

[1] Jurusan Teknologi Pangan dan Gizi, Fateta-IPB
[2] Alumni Jurusan Teknologi Pangan dan Gizi, Fateta- IPB

ABSTRACT

Extrudates were produced by double screw extrusion cooking under four barrel temperatures (29- 33°C, 29-33°C, 34-39°C, and 121-142 °C)., feeder speed of 16- 17 rpm speed of knife of 425-713 rpm and ten formulations of corn, broken rice and bran. The physichochemical characteristics of the products were examined. Ash content, protein content and lipid content increased by increasing the percentage of the bran in formulation. Degree of gelatinization (DG). Expansion of extrudates (EE), Stickiness, Water solubility and absorbition indexes (WSI and WAI), colour of extrudates product (L and b) decreased with increase in bran concentration.

PENDAHULUAN

Menurut Damardjati dan Oka (1989) serta BPS (1985) melaporkan bahwa dalam penggilingan padi dihasilkan produk utama beras sebesar 60-66%, hasil samping berupa bekatul 8-12% dan menir sebesar 5-8%. Produk beras Indonesia pada tahun 1996 adalah 51,1 juta ton (BPS, 1997) jadi tersedia bekatul sekitar 4,1-6,1 juta ton/tahun dan menir sekitar 2,6-4,1 juta ton/ tahun. Artinya bekatul merupakan hasil samping penggilingan padi yang secara nasional sangat banyak.

Dengan pertimbangan ketersediaan yang cukup serta nilai gizi bekatul yang tinggi yaitu protein 12%-15,6%, lemak 15%-19,7 %, karbohidrat 34,1%-52,3% abu 6,6 %-9,9% dan serat kasar 7,0%-11,4% (Luh, 1991) serta kaya akan vitamin maka hasil samping itu cukup potensial untuk dikembangkan menjadi bahan pangan bernilai ekonomi tinggi. Namun kekayaan nilai gizi tersebut juga mempunyai sisi negatif, yaitu cepatnya terjadi proses kerusakan, misalnya hasil samping mudah mengalami ketengikan sebagai akibat dari oksidasi lemak menjadi komponen sederhana seperti asam lemak, peroksida oleh enzim lipase yang banyak terdapat pada bekatul.

Salah satu alternatif bentuk pengolahan pangan dari menir dan bekatul yaitu dengan teknologi ekstrusi. Keuntungan proses ekstrusi antara lain produktifitas tinggi, bentuk produk sangat khas dan banyak variasinya, mutu produk tinggi karena pemasakan dilakukan pada suhu tinggi dalam jangka waktu yang pendek, sehingga seperti efek UHT (*Ultra High Temperature*) yaitu mikroba mati namun kerusakan gizi kecil serta biaya dan pemakaian energi per satuan produksi proses ekstrusi adalah rendah (Smith, 1981). Secara umum produk ekstrusi disukai oleh masyarakat terutama oleh anak-anak dan remaja dan kebanyakan dikonsumsi sebagai makanan ringan (*Snack*).

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji sifat fisiokimia produk ekstrusi dari hasil samping penggilingan padi (bekatul, menir) dalam upaya peningkatan manfaat dan nilai ekonomisnya, penelitian ini sebagai dasar untuk penelitian-penelitian dan aplikasi selanjutnya.

METODE

A. Bahan dan Peralatan

Bahan utama yang digunakan pada penelitian ini adalah bekatul, menir dan jagung, serta bahan kimia yang digunakan untuk analisa. Bekatul, menir dan jagung diperoleh dari Karawang dan Bekasi. Bahan-bahan kimia diperoleh dari laboratorium Teknologi Pangan dan Gizi, laboratorium PAU Pangan dan Gizi, IPB

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: ekstruder ulir ganda (Wenger TX-57), penetrometer, fluid bed dryer, jangka sorong (Mitutoyo, Japan), ayakan 60 mesh, oven biasa, tanur, sentrifuse, spektrofotometri, kjedahl, sokhlet, blender, khromameter Minolta type CR-200, timba-ngan analitik, alat-alat gelas untuk analisis dan alat-alat bantu lainnya.

B. Metode

Pada penelitian ini dilakukan percobaan pembuatan produk dengan berbagai formulasi (campuran) antara bekatul, menir dan jagung dengan dua kali ulangan formulasi yang dibuat adalah sebagai berikut.

Tabel 1. Daftar Formulasi produk Ekstrusi

Kode Formulasi	Komponen Bahan Baku	Persentase Campuran Bahan Baku
A1	Jagung	100
A2	Menir	100
A3	Menir : Bekatul	90 : 10
A4	Menir : Bekatul	80 : 20
A5	Menir : Bekatul	70 : 30
A6	Menir : Bekatul	60 : 40
A7	Menir : Bekatul	50 : 50
A8	Menir : Bekatul	40 : 60
A9	Menir : Bekatul: Jagung	33,3 : 33, 3 : 33,3
A10	Menir : Bekatul: Jagung	50 : 25 : 25

Dari kesepuluh formulasi tersebut dianalisis sifat kimia dan fisik. Analisis sifat kimia meliputi kadar air, kadar abu, kadar protein,dan kadar lemak (AOAC, 1984). Analisis sifat fisik meliputi derajat gelatinisasi (Wooton et al.,1971), rasio pengembangan (Linko et al.,1981), tekstur atau kekerasan, indeks kelarutan air (IKA), Indeks penyerapan Air (IPA) (Modifikasi Anderson., 1969) dan Uji Warna)

C. Parameter Ekstrusi

Parameter ekstrusi yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut : kecepatan *screw* 451 RPM, kecepatan *feeder* 16-17 RPM, suhu barel 1 dan 2 adalah 29-33°C, suhu barel 3 adalah 34-39°C dan suhu barel 4 *(die)* 121- 142°C.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Proksimat

Analisis proksimat terdiri atas analisa kadar air, kadar abu, kadar protein dan kadar lemak, serat kasar dan karbohidrat *(by differrence)*, seperti yang dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Analisa Proksimat Bahan Baku

Parameter	Bekatul	Menir	Jagung
Kadar air (%)	13,15	13,28	12,46
Kadar abu (%)	11,62	0,93	0,50
Protein (%)	14,14	8,67	7,85
Lemak(%)	15,46	2,45	8,02
Karbohidrat (%) *(by difference)*	48,44	85,65	81,22
Serat Kasar (%)	10,34	2,30	2,38

Dari hasil analisis proksimat terlihat bahwa bekatul mempunyai kadar abu, kadar protein, kadar lemak dan serat kasar yang lebih tinggi dibandingkan dengan menir dan jagung. Akan tetapi tingginya keempat komponen diatas menyebabkan rendahnya kadar karbohidrat *(by difference)* dari bekatul dibandingkan menir dan jagung. Dengan demikian dapat dikatakan jumlah pati yang terdapat di dalam bekatul lebih rendah dibandingkan kedua bahan baku yang lain. Rendahnya jumlah pati di dalam bekatul dan adanya interaksi antara protein, lemak dan serat kasar dengan pati memberikan efek yang negatif terhadap sifak fisik dari produk ekstrusi.

B. Sifat Kimia Produk Ekstrusi

a. Kadar Air

Kadar air produk ekstrusi berkisar antara 5,35% sampai 6,81% seperti yang terlihat pada tabel 3. SNI 01-2886-92 mensyaratkan kadar air makanan ekstrudat maksimal sebesar 4%. Tingginya kadar air produk ekstrusi dapat diturunkan dengan proses pengeringan sebelum dilakukan proses pelapisan dengan bumbu *(coating)*. Setelah proses pengeringan kadar air sebaiknya kurang dari 4% karena didalam proses pelapisan ada unsur penambahan air.

b. Kadar Abu

Dari tabel 3 kadar abu produk ekstrusi berkisar antara 0,66% sampai 5,44%. Dengan adanya peningkatan persentase bekatul didalam formulasi, nilai kadar abu meningkat, hal ini disebabkan kadar abu dari bekatul lebih tinggi dibandingkan kadar abu dari menir dan jagung.

c. Kadar Protein

Adanya peningkatan persentase bekatul di dalam formulasi menyebabkan terjadinya peningkatan protein. Kadar protein produk ekstrusi berkisar antara 8,67% sampai 11,72%, SNI 01-2886-92 tidak mensyaratkan batas minimum kadar protein dari produk ekstrudat. Menurut Hermanianto et al., (1997) produk sejenis *snacks* mengembang *(puffed snacks)* memang tidak tepat jika dikategorikan sebagai sumber gizi, karena pada umumnya makanan ini dikonsumsi sebagai makanan camilan.

d. Kadar Lemak

Dari tabel 3 terlihat untuk formulasi A2 sampai dengan A8, adanya peningkatan persentase bekatul dalam bahan baku akan meningkatkan kadar lemak dari produk ekstrusi. Kadar lemak ini meningkat disebabkan bekatul mempunyai kadar lemak yang lebih tinggi dibandingkan kadar lemak dari menir. Penambahan grits jagung pada formulasi A9 dan A10 menurunkan kadar lemak dari produk ekstrusi.

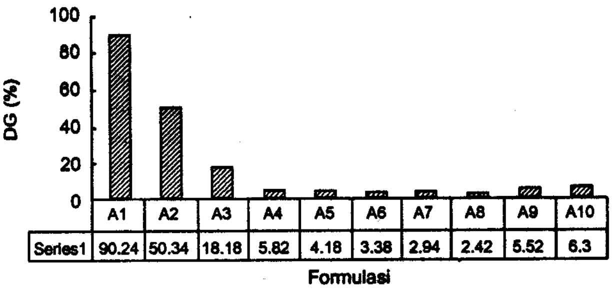
SNI 01-2886-1992 menetapkan batas maksimal kadar lemak untuk makanan ringan ekstrudat 30%. Peningkatan kadar lemak produk ektrusi ini masih dapat dilakukan pada saat proses pelapisan *(coating)*.

Tabel 3. Analisa Sifat Kimia produk Ekstrusi

Formulasi	Kadar Air (%)	Kadar Abu (%)	Kadar protein (%)	Kadar lemak (%)
A1	6,18	0,66	8,67	0,34
A2	6,17	0,72	10,26	0,24
A3	5,85	1,32	11,00	1,21
A4	6,06	2,22	11,16	2,45
A5	5,35	2,89	11,24	2,82
A6	5,61	3,80	11,58	2,84
A7	5,90	4,18	11,72	3,58
A8	5,70	5,44	11,72	4,67
A9	5,29	3,46	10,68	3,06
A10	5,58	2,65	10,69	1,54

C. Sifat Fisik Produk Ekstrusi

a. Derajat Gelatinisasi



Gambar 1. Pengaruh Formulasi Terhadap Derajat Gelatinisasi Produk Ekstrusi

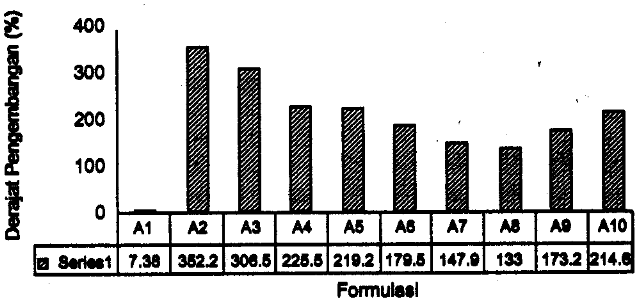
Menurut Wooton et al., (1971) yang dimaksud dengan derajat gelatinisasi adalah rasio antara pati yang tergelatinisasi dengan total pati. Derajat gelatinisasi produk ekstrusi berkisar antara 2,42% hingga 90,24% seperti yang terlihat pada gambar 1.

Dari gambar 1 dapat terlihat pada formulasi A2 sampai dengan A8, adanya penambahan bekatul menyebabkan terjadinya penurunan derajat gelatinisasi yang cukup tajam. Hal ini disebabkan persentase pati bekatul lebih rendah dibandingkan persentase pati dari menir. Persentase pati yang terdapat didalam bekatul sekitar 10-55% (berat kering) (Pascua et.al. 1955 disitir Luh 1991). Menir mempunyai kadar pati sekitar 90% (berat kering) (Luh, 1991).

Kadar protein yang tinggi akan menyebabkan terjadinya penurunan derajat gelatinisasi. Menurut Harper (1981) molekul-molekul besar protein yang terbuka akibat perlakuan panas akan membentuk suatu jaringan yang kompak. Menurut Noguchi et al., (1981) jaringan yang kompak tersebut berupa matriks seperti serat. Matriks tersebut akan menghambat penetrasi panas dan air ke dalam pati (Pontoh, 1986).

Dengan semakin meningkatnya kadar lemak didalam bahan baku derajat geletinisasi akan semakin kecil. Menurut Harper (1981) lemak akan membungkus butiran pati (kompleks amilosalipid) dan menghambat jumlah air yang dapat diserap oleh pati, dengan demikian nilai derajat gelatinisasi semakin kecil.

b. Derajat Pengembangan



Gambar 2. Pengaruh Formulasi Terhadap Derajat Pengembangan Produk Ekstrusi

Derajat pengembangan produk ekstrusi berkisar antara 133 % hingga 353, 17 %.

Dari gambar 2 dapat disimpulkan untuk formulasi A2 hingga A8, nilai derajat pengémbangan menurun dengan adanya peningkatan persentase bekatul didalam bahan baku.

Menurut Shukla (1995) derajat pengembangan dipengaruhi oleh jumlah pati yang terdapat didalam bahan baku. Jumlah pati tersebut erat hubunganya dengan jumlah pati yang tergelatinisasi. Besar kecilnya derajat pengembangan produk ekstrusi ditentukan oleh banyak sedikitnya jumlah pati yang tergelatinisasi selama proses ekstrusi. Derajat gelatinisasi yang semakin tinggi diikuti dengan derajat pengembangan yang semakin tinggi (Harper, 1981, dan Linko et al., 1981).

Teori diatas tidak sesuai dengan formulasi A1 dan A2. Formulasi A1 mempunyai derajat gelatinisasi yang lebih tinggi dibandingkan formulasi A2, akan tetapi mempunyai derajat pengembangan yang lebih kecil. Menurut Shukla (1995) derajat pengembangan produk ektrusi tidak hanya ditentukan oleh pati yang tergelatinisasi akan tetapi dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu ukuran dari partikel, rasio antara amilosa dan amilopektin, kadar protein, kadar lemak dan serat kasar.

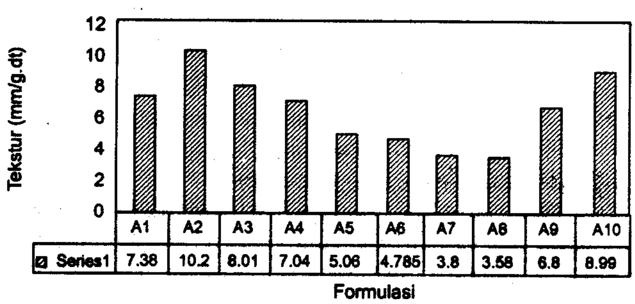
Menurut Harper (1981) komponen pati yang berperan terhadap pengembangan *(puffing)* produk ekstrusi adalah amilopektin. Jagung mempunyai kadar amilosa yang lebih tinggi dibandingkan menir. Sehingga dapat disimpulkan kurang mengembangnya formulasi A1 dibandingkan A2 karena jumlah amilopektin yang terdapat didalam grits jagung lebih rendah dibandingkan jumlah amilopektin dari menir.

Bahan baku yang mempunyai kadar protein, lemak dan serat kasar yang tinggi akan menghasilkan produk ekstrusi yang kurang mengembang. Tingginya kadar protein dan lemak akan menurunkan derajat gelatinisasi dengan demikian derajat pengembangannya pun turun. Tingginya persentase serat kasar dalam bahan baku akan menurunkan derajat pengembangan dari produk ekstrusi.

Adanya penambahan grits jagung pada formulasi A9 dan A10 dan perubahan persentase dari bahan baku meningkatkan derajat pengembangan yang disebabkan oleh meningkatnya derajat gelatinisasi:

c. Tekstur (kekerasan)

Tekstur produk ekstrusi yang diukur dengan penetrometer berkisar antara 3.80 mm/g dt hingga 10, 20mm/g dt.



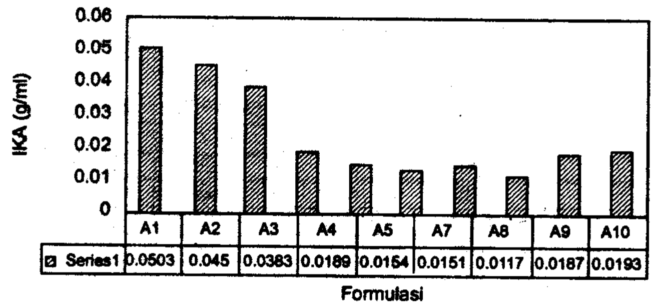
Gambar 3. Pengaruh Formulasi Terhadap Tekstur Produk Ekstrusi

Dari gambar 3 dapat terlihat semakin tinggi persentase bekatul di dalam bahan baku, produk ekstrusi yang dihasilkan mempunyai tekstur yang keras (formulasi A20-A8). Tekstur yang keras ini disebabkan oleh adannya peningkatan kadar protein, lemak dan serat kasar dari bahan baku juga disebabkan oleh adanya penurunan jumlah pati yang terdapat didalam bahan baku.

Formulasi A1 (100% grits jagung), mempunyai tekstur yang lebih keras dibandingkan tekstur dari formulasi A2 (100% menir). Lebih kerasnya tekstur pada formulasi A1 disebabkan amilosa yang terdapat didalam grits jagung lebih tinggi dibanding jumlah amilosa formulasi A2 (menir 100%). Menurut Harper (1981) adanya jumlah amilosa yang tinggi dari bahan baku akan menghasilkan produk ekstrusi yang keras dan pejal.

d. Indeks Kelarutan Air (IKA)

Indeks kelarutan air produk ekstrusi berkisar antara 0,0117 g/ml hingga 0,0503 g/ml.



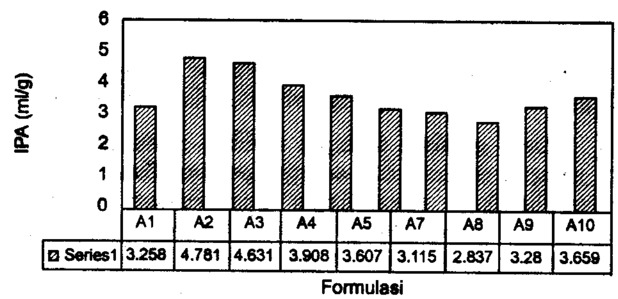
Gambar 4. Pengaruh Terhadap Indeks Kelarutan Air (IKA) Produk Ekstrusi

Dari gambar 4 dapat diketahui untuk formulasi A2 hingga A8. Adanya peningkatan persentase bekatul di dalam bahan baku menyebabkan indeks kelarutan air menurun. Menurut Pontoh (1988) semakin besar nilai derajat gelatinisasi, indeks kelarutan air semakin meningkat. Hal ini menunjukkan bahwa karbohidrat yang telah tergelatinisasi yang lebih mudah larut. Molekul yang relatif lebih kecil inilah yang mudah larut dalam air. Selanjutnya Gomez dan Aquilera (1983) menyatakan disamping mengalami proses gelatinisasi, selama proses ekstrusi terjadi juga dekstrinisasi.

Teori diatas juga sesuai dengan formulasi A1, A9 dan A10. Bahwa yang berperan di dalam kelarutan air adalah pati yang tergelatinsasi yang selanjutnya mengalami dekstrinisasi.

e. Indeks Penyerapan Air (IPA)

Indeks penyerapan air produk ekstrusi berkisar antara 2,8371 ml/g hingga 4, 7813 ml/g.



Gambar 5. Pengaruh Formulasi Terhadap Indeks Penyerapan Air (IPA) Produk Ekstrusi

Dari gambar 5, untuk formulasi A2 hingga A8 dapat dikatakan nilai indeks penyerapan air menurun dengan semakin meningkatnya persentase bekatul di dalam bahan baku. Dengan semakin meningkat jumlah pati yang tergelatinisasi, pada proses ekstrusi (suhu dan tekanan tinggi) akan menyebabkan semakin banyak pati yang mengalami dekstrinisasi. Pati yang terdektsrinisasi, semakin banyak air yang dapat diserap.

Teori di atas juga sesuai untuk formulasi A9 dan A10, akan tetapi tidak sesuai dengan formulasi A1 dibandingkan formulasi A2. Perbedaan ini disebabkan karakteristik pati grits jagung berbeda dengan karakteristik pati dari menir. Sebab yang lain yaitu gugus hidrofilik A2 lebih banyak dibandingkan gugus hidrofilik A1. Hal ini dapat diketahui dari kadar lemak dari menir yang lebih rendah dibandingkan kadar lemak dari jagung. Menurut Gomez dan Aquilera (1983) indeks penyerapan air tergantung pada ketersediaan grup hidrofilik untuk dapat mengikat air.

f. Warna

Tabel 4. Hasil Uji Warna Produk Ekstrusi

Formulasi	L	a	b
A1	8,09	-2,27	34,38
A2	81,31	-0,67	13,24
A3	70,89	-0,65	15,04
A4	78,44	-0,52	14,38
A5	77,42	-0,23	14,91
A6	73,89	0,34	16,20
A7	72,76	0,38	15,80
A8	70,11	0,82	18,03
A9	74,83	-0,42	22,82
A10	73,25	-0,60	22,29

Dari uji warna dapat diketahui nilai L, a dan b. Nilai L menunjukkan tingkat kecerahan, nilai a menunjukkan warna hijau sampai merah sedangkan nilai b menunjukkan warna biru sampai kuning.

Dari tabel 4 dapat diketahui dengan meningkatnya persentase bekatul di dalam bahan baku (formulasi A2-A8) nilai L (kecerahan) semakin menurun. Kemudian dengan adanya penambahan grits jagung di dalam bahan baku, nilai L (kecerahan) tersebut semakin meningkat. Peningkatan persentase bekatul di dalam bahan baku, warna produk yang dihasilkan semakin menuju ke warna merah. Penambahan grits jagung pada bahan baku yang menyebabkan warna yang dihasilkan cenderung negatif kembali. Demikian juga dengan warna kuning dari produk, dengan adanya penambahan persentase bekatul di dalam formulasi, produk yang dihasilkan lebih kuning, tetapi warna kuning dihasilkan jauh dari warna kuning dari formulasi A1 (100% grits jagung). Oleh karena itu dengan adanya penambahan grits jagung pada formulasi A9 dan A10, nilai b yang dihasilkan meningkat.

KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Hasil analisa mutu bahan baku menunjukkan bahwa menir dan bekatul mempunyai nilai gizi yang cukup baik untuk produk makanan ringan *(snack)*. Salah satu alternatif bentuk pengolahan pangan dari menir dan bekatul yaitu dengan teknologi ekstrusi. Keuntungan proses ekstrusi adalah mutu produk tinggi karena pemasakan dilakukan pada suhu tinggi dalam jangka waktu yang pendek sehingga mikroba mati, namun kerusakaan gizi kecil.

Hasil analisis sifat kimia produk ekstrusi meliputi kadar air, kadar abu, kadar protein dan kadar lemak. Kadar air tidak dipengaruhi oleh adanya perubahan formulasi. Baik kadar abu, kadar protein dan kadar lemak dipengaruhi adanya formulasi. Ketiga komponen tersebut meningkat nilainya dengan adanya peningkatan persentase bekatul di dalam bahan baku. Adanya peningkatan persentase bekatul memberi efek negatif terhadap sifat produk ekstrusi.

Hasil analisis sifat fisik produk ekstrusi meliputi derajat gelatinisasi, derajat pengembangan, tekstur (kekerasan), indeks kelarutan air (IKA), indeks penyerapan air (IPA) dan warna produk nilai (nilai L, a dan b). Dengan semakin meningkat persentase bekatul di dalam formulasi akan menurunkan nilai dan derajat gelatinisasi, derajat pengembangan indeks kelarutan air (IKA) indeks penyerapan air (IPA) dan meningkatkan kekerasan dari produk ekstrusi. Warna produk ekstrusi dipengaruhi oleh adanya perubahan formulasi bahan baku baik nilai L (kecerahan), nilai a (hijau-merah) dan nilai b (biru-kuning).

B. Saran

Dari hasil-hasil diatas, menunjukkan bahwa hasil samping penggilingan padi terutama menir dan bekatul dapat diolah menjadi produk pangan yang bernilai ekonomi tinggi yaitu makanan ringan *(snack)*. Oleh sebab itu perlu kiranya diadakan penelitian lebih lanjut tentang produk ekstrusi dari menir dan bekatul terutama dari segi kerusakan bekatul (sifat ketengikan dari bekatul), pelapisan produk dengan flavor *(coating)* dan perlu di adakan kajian tekno dan sosio ekonominya.

DAFTAR PUSTAKA

Anderson, Y. 1984. Quality Aspect in Extrusion Cooking. Di dalam P. Zuenthen. (Ed). Thermal Processing and Quality. Appl. Sci Publ. London.

AOAC. 1984. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemist. Washington DC.

BPS. 1985. Studi Konservasi dan Penyusutan Padi Kasus di Cianjur. Kerjasama BPS dan IPB.

BPS. 1997. Statistik Indonesia PBS. Jakarta

Damardjati, D.S. dan M. Oka. 1989. Evaluation of Rice Quality Characteristics Prefered by Indonesian Urban Consumers. Prac. of Twelftu ASEAN seminar on Grain Postharvest Research and Development Priorities for the Nineties. Surabaya 29-31 Agustus 1989.

Gomez, M.H dan J.M. Aguilera. 1983. Change in Starch Fraction During Extrusion Cooking of Corn. J. Food Sci. 48 : 378-381.

Harper, J.M. 1981. Extrusion of Foods. Vol I dan II CRC Prees Inc. Florida.

Hermanianto, J,E, E. Ernawati dan Z. Wulandari. 1997. Produk ekstrusi Camilan Aman Bagi Anak?. Femina no. 26/XXV. Jakarta.

Luh, S. 1991. Rice Production and Utilition. The Avi Publ. Co. Westport, Connecticut.

Linko, P., P. Colonna dan C. Mercier, 1981. High Temperature Short Extrusion Cooking. Di dalam Pomeranz, Y (Ed). Advance in Cereal Science and Technology, Vol IV. The American's Association.of Cereal Chemistry, Inc. Paul, Minnesota.

Noguchi, A., W. Kugimaya., Z, Haque and K. Saito. 1981. Physical And Chemical Characteristics of Ektruded Rice Floue Fortified With Soy bean Protein Isolate. J. Food Sci. 47 : 240 - 245.

Pontoh, J. 1986. Mempelajari Pembuatan dan Sifat Fisiokimia Makanan Ekstrusi Sorgum dan Kacang Hijau. Skripsi Fakultas Teknologi Pertanian, IPB. Bogor.

Shukla. 1995. Factors Affecting Extrusion and Product Quality. Di dalam Snack Food Breakfast Cereal Extrusion Training Program. July 11-13 1995. IUC for Food Nutrition, IPB. Bogor.

Smith, O.B. 1981. Ekstrution Cooking of Cereal and Fortifield Foods. Makalah pada Proceeding Exrtuder Technology Eight ASEAN Worskhop. 14 - 25 januari 1980. Bangkok, Thailand.

SNI. 1992. Makanan Ekstrudat. Dewan Standarisasai nasional. Jakarta.

Wooton, M., D.Wedeen and N.Munk. 1971. A rapid Method for The Estimation of Starch Gelatinitation in Processed Food. J Food Tech, Desember : 612- 615