

PENGARUH SUHU PROSES EKSTRUSI DAN CAMPURAN UBIJALAR MERAH (*Ipomoea batatas* L) DENGAN KACANG BOGOR (*Voandzeia subterranea* L THOUARS) TERHADAP BEBERAPA KARAKTERISTIK FISIK EKSTRUDAT

Effect of Extrusion Cooking Temperature and Mixtures of Sweetpotato (Ipomoea batatas L) and Bogor Bean (Voandzeia subterranea L THOUARS) on Some Properties of Extrudates

Hidayah TN ¹, Mangunwidjaja D ², Sunarti TC ², Sutrisno ³

¹ Staf Pengajar Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya - Malang

² Staf Pengajar Pascasarjana Program studi Teknologi Industri Pertanian IPB

³ Staf Pengajar Program studi Teknik Pertanian IPB, Direktur Technopark - AP4 IPB

ABSTRACT

The experiment aimed to evaluate the physical properties of extrudates made up of a mixture of Bogor bean and sweetpotato was conducted in two stages. The first experiment was run to determine the best blanching time for the bean and the second one is to evaluate the effect of various levels of die temperature and mixtures of Bogor bean and sweetpotato on some physical properties of extrudates. The process for the second experiment were conducted on three levels of die temperature i.e 100°C, 140°C, and 180°C on three level of mixtures of sweetpotato/Bogor bean: 90/10, 75/25, and 60/40, respectively.

The results of the first experiment indicated that a blanching treatment for 15 minutes to the bean produced a better physical quality parameter than the use of unblanched and 5 min-blanching bean as raw material. It was found that the texture (degree of crispiness), degree of expansion, viscosity and specific gravity of the extrudates were significantly affected by the above-mentioned factors. The best physical properties were observed on the extrudate made up of a mixture of 90% sweetpotato and 10% Bogor bean at a die temperature of 100°C.

Key words: Extrusion, sweetpotato, kacang Bogor, physical properties

PENDAHULUAN

Sifat bahan baku pertanian diperlukan dalam penerapan industri dengan pertimbangan untuk kebutuhan konsumen secara spesifik. Terdapat hubungan antara sifat dasar seperti ukuran distribusi berat molekul, nisbah amilosa dan amilopektin, dan sifat kunci yang dapat dikembangkan dengan berbagai modifikasi seperti *esterifikasi*, *etherifikasi* (Koch *et al*, 1993).

Menurut Harper (1981a) ekstrusi adalah proses pembentukan bahan pangan dengan menggunakan tekanan, bahan dipaksa mengalir di bawah

pengaruh satu atau lebih konsentrasi operasi seperti pencampuran dan gesekan melalui suatu cetakan yang dirancang untuk menghasilkan hasil ekstrusi yang mengembang dan kering. Mesin yang digunakan untuk ekstrusi disebut ekstruder.

Fungsi ekstruder meliputi gelatinisasi, pemotongan molekuler, pencampuran, sterilisasi, pembentukan dan penggelembungan atau pengeringan. Kombinasi satu atau lebih fungsi-fungsi tersebut di atas merupakan hal yang tidak terpisahkan dalam proses ekstrusi (Muchtadi dkk, 1988).

Proses ekstrusi memberi keuntungan sebagai berikut: penggunaan luas, produktivitas tinggi, efisien energi, ongkos murah, menghasilkan berbagai bentuk produk, kualitas produk tinggi, produksi pangan baru dan tidak banyak limbah. Pemasakan dengan menggunakan ekstrusi merupakan proses yang menggunakan prinsip suhu tinggi dalam waktu singkat (HTST/ *High Temperature Short Time*). Meskipun saat ini proses ekstrusi juga dapat dilakukan dalam keadaan suhu rendah, namun memerlukan persyaratan lain seperti kondisi pengisian. Terdapat dua macam ekstruder yang berkembang saat ini yaitu ekstruder ulir tunggal dan ulir ganda (Harper, 1981a).

Pada dasarnya kondisi campuran umpan dengan kadar air tinggi menyebabkan ekstrudat yang dihasilkan bergelombang dan memiliki ukuran yang lebih kecil dari ukuran *die* (cetakan) karena terjadi aliran balik dalam ekstruder. Faktor kritis atau penting yang menentukan kekuatan tekstur ekstrudat adalah jumlah protein umpan (Park *et al*, 1993b). Menurut Bajaber *et al* (1993) umpan dengan kadar air di atas 34,5% menyebabkan ekstrudat sangat keras dan ukuran sel atau pori tidak seragam. Bila suhu dinaikkan hingga di atas 180°C maka ekstrudat hancur.

Sedangkan menurut Owusu *et al* (1984) ekstrusi dengan suhu *die* (cetakan) 140°C menunjukkan sel udara besar, dinding tipis dan permukaan dinding ekstrudat halus. Sedangkan pada suhu *die* (cetakan) 180°C umumnya sel udara kecil, dinding lebih tebal dan permukaan keras.

Tujuan dari kajian ini adalah untuk mendapatkan karakteristik fisik dari campuran umpan kacang Bogor dengan ubijalar merah terhadap modifikasi fisik ekstrusi dalam ekstruder.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Ubijalar merah (*Ipomoea batatas* L) merupakan bahan hasil pertanian yang

merupakan sumber karbohidrat dan beta-karoten. Keterkaitan pengembangan penggunaan beta-karoten dari sumber alami karena kebutuhan akan konsumen yang tinggi terhadap produk ekstrudat.

Aktivitas provitamin A tinggi ditunjukkan dari warna bahan makanan yang bersangkutan, selain itu beta-karoten juga efektif sebagai antioksidan. Berdasarkan laporan studi klinik, beta-karoten adalah sangat penting bagi penyusunan makanan penderita kanker (Burton, 1984; Menkes, 1986; Krinsky, 1988, 1989). Sedangkan kacang Bogor (*Voandzeia subterranea* L Thouars) dipergunakan adalah sebagai sumber protein. Kacang Bogor diperoleh dari pasar lokal di Bogor sedangkan ubijalar merah diperoleh dari kebun percobaan IPB Bogor.

Metode

Penelitian ini dilakukan melalui tahapan-tahapan sebagai berikut:

- Pemilihan bahan baku campuran umpan untuk kacang Bogor dengan *Polaritation microscopy* dan derajat gelatinisasi terhadap perlakuan *blanching* 5 menit *blanching* 15 menit dan tanpa *blanching*.
- Analisis proksimat kacang Bogor dari perlakuan yang terpilih sebagai campuran umpan ekstrusi dan ubi jalar merah yang digunakan dalam proses.
- Karakteristik sifat fisik ekstrudat yang diamati antara lain adalah:
 - Tekstur (kekuatan tekstur)
 - Derajat pengembangan
 - Viskositas
 - Bobot jenis

Ekstrusi dilakukan dengan dua peubah perlakuan proses yaitu:

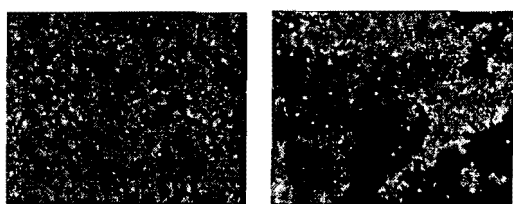
- Perlakuan suhu *die* (cetakan) ekstruder yaitu 100°C, 140°C dan 180°C
- Perlakuan komposisi campuran umpan antara kacang Bogor dan ubi jalar merah sebesar 40:60, 25:75, dan 10:90.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Polaritation Microscopy

Mikroskop polarisasi menunjukkan bahwa granula pati kacang Bogor berbentuk oval dengan diameter berkisar 44,52 - 53,22 μm . Terdapat perbedaan nyata dalam ukuran granula kacang Bogor dari contoh pati yang berbeda. Pati kacang Bogor tanpa *blanching* memiliki ukuran lebih besar dibanding *blanching*. Sedangkan *blanching* 15 menit lebih kecil dibanding perlakuan *blanching* 5 menit. Hal ini terkait dengan larutnya lemak dalam air selama *blanching* berlangsung, sehingga semakin banyak lemak yang hilang dalam granula pati kacang Bogor. Kandungan lemak kacang Bogor tanpa *blanching* adalah 12,23 % (bk) sedangkan *blanching* 5 menit 8,32 % (bk) dan *blanching* 15 menit berkurang menjadi 5,88 % (bk).

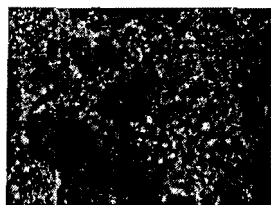
Granula pati kacang Bogor ternyata mengalami gelatinisasi saat diamati dengan mikroskop polarisasi. Perlakuan *blanching* selama 15 menit menghasilkan derajat gelatinisasi yang sempurna dibandingkan *blanching* 5 menit atau tanpa (Gambar 1).



(a)

(b)

Blanching 15 menit *Blanching* 5 menit



(c)

Tanpa *Blanching*

Gambar 1. Hasil mikroskop polarisasi terhadap hasil gelatinisasi granula pati kacang Bogor

Jadi pilihan perlakuan terhadap kacang Bogor untuk campuran umpan ekstrusi adalah *Blanching* 15 menit, karena memberi pengaruh terbaik terhadap proses bersama ubijalar merah. Sedangkan jumlah lemak mengalami pengurangan. Karena bila jumlah lemak dalam campuran umpan berlebihan akan menghambat proses gelatinisasi yang mengakibatkan derajat pengembangan ekstrudat dan kerenyahan rendah, tekstur keras sehingga bobot jenis ekstrudat tinggi.

Tabel 1. Komposisi proksimat kacang Bogor *Blanching* 15' dan ubijalar merah

Komposisi	Persentase (%)	
	Kacang Bogor	Ubijalar merah
Air (% bk)	10,43	8,76
Abu (%bk)	3,03	3,01
Lemak (%bk)	5,88	0,77
Protein (%bk)	20,75	4,80
Serat Kasar (%bk)	48,78	33,71
Karbohidrat (%bk)	59,93	82,68
Beta-Karoten (ppm)	-	12,11

Analisis Tekstur Ekstrudat

Tabel 2. Kekuatan tekstur produk

Komposisi (Kacang Bogor: Ubi jalar merah)	Derajat (100 gram/mm setiap 10 dtk)	Rata-Rata (100 gram/mm setiap 10 dtk)
(40:60) 100°C	0.009	0.009
	0.009	
(40:60) 150°C	0.009	0.009
	0.008	
(40:60) 180°C	0.008	0.008
	0.008	
(25:75) 100°C	0.025	0.024
	0.023	
(25:75) 150°C	0.005	0.006
	0.006	
(25:75) 180°C	0.033	0.032
	0.031	
(10:90) 100°C	0.029	0.031
	0.033	
(10:90) 150°C	0.010	0.010
	0.010	
(10:90) 180°C	0.023	0.028
	0.032	

Hasil pengamatan menunjukkan suhu *die* (cetakan) dan komposisi campuran umpan berpengaruh terhadap tekstur ekstrudat (Tabel 2).

Hasil perhitungan regresi secara kuadratik dari pengamatan seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Koefisien regresi kuadratik pengamatan tekstur

Koefisien	Tekstur
β_0	1.82×10^{-1} ****
β_1	4.50×10^{-4}
β_2	-2.45×10^{-3} ***
β_{12}	-2.15×10^{-5}
β_{11}	1.04×10^{-6}
β_{22}	8.70×10^{-6} ***

Keterangan:

Respon:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{21} X_2 X_1 + \beta_{22} X_2^2$$

* $P < 0.05$

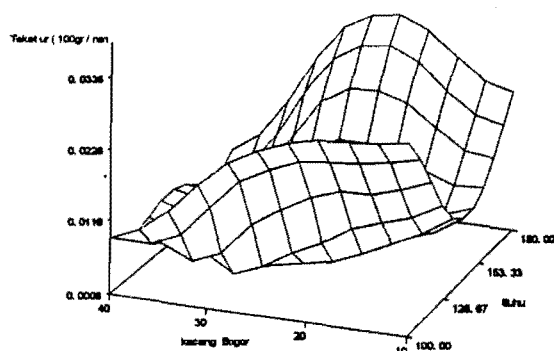
** $P < 0.01$

*** $P < 0.005$

**** $P < 0.001$

Titik kritis kacang Bogor terhadap campuran umpan adalah sebesar 13,88% sedangkan suhu *die* (cetakan) adalah 139,83°C. Wilayah optimal proses terhadap faktor tekstur ekstrudat untuk jumlah kacang Bogor adalah berkisar antara 10% hingga 13,88% dengan suhu *die* (cetakan) ekstrusi selama proses berlangsung menghasilkan penampakan tekstur yang baik adalah berkisar antara 139,83°C hingga 180°C (Gambar 2).

Hasil Analisa Produk Ekstrusi



Gambar 2. Pengaruh suhu *die* (cetakan) dan kacang Bogor terhadap tekstur ekstrudat.

Pengukuran tekstur produk terkait dalam dua hal yaitu kekerasan dan daya patah. Kekerasan hasil menunjukkan ketahanan ekstrudat bila ditekan atau menunjukkan besar beban untuk melakukan deformasi sebelum terjadi kerusakan atau pemecahan. Daya patah merupakan batas elastisitas ekstrudat yang menunjukkan daya tahan terhadap deformasi.

Pada dasarnya kondisi campuran umpan dengan kadar air tinggi menyebabkan ekstrudat yang dihasilkan bergelombang dan memiliki ukuran yang lebih kecil dari ukuran *die* (cetakan) karena terjadi aliran balik dalam ekstruder. Faktor kritis atau penting yang menentukan kekuatan tekstur ekstrudat adalah jumlah protein umpan (Park *et al.*, 1993a).

Menurut Bajaber *et al.* (1993) umpan dengan kadar air diatas 34,5% menyebabkan ekstrudat sangat keras dan ukuran sel atau pori tidak seragam. Bila suhu dinaikkan hingga diatas 180°C maka ekstrudat hancur. Sedangkan Owusu *et al.* (1984), menyatakan bahwa ekstrusi dengan suhu *die* (cetakan) 140°C menunjukkan sel udara besar, dinding tipis dan permukaan dinding ekstrudat halus, sedangkan pada suhu *die* (cetakan) 180°C umumnya sel udara kecil, dinding lebih tebal dan permukaan keras.

Ekstrudat yang memiliki derajat pengembangan tinggi, bobot jenis spesifik rendah, gaya gesek rendah mendapatkan sel udara yang tampak jelas, kandungan protein banyak dan dinding permukaan yang halus. Sedangkan pada jumlah protein tinggi dan lemak rendah mempunyai kemampuan penyerapan air akan lebih baik serta mempengaruhi kekerasan, daya patah, kepadatan dan ukuran pori (Park *et al.*, 1993b).

Analisis Derajat Pengembangan

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa suhu *die* (cetakan) dan komposisi campuran umpan dalam ekstrusi berpengaruh terhadap derajat pengembangan ekstrudat dapat dilihat pada Tabel 4. Sedangkan Persamaan

regresi dari data hasil pengamatan terhadap derajat pengembangan ekstrudat dalam ekstrusi campuran ubi jalar merah dan kacang Bogor seperti ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 4. Derajat pengembangan produk ekstrusi

Komposisi (Kacang Bogor: Ubi jalar merah)	Diameter Produk Ekstrusi (DPE) (mm)	Derajat Pengembangan (DPE mm /3 mm)	Rata- Rata (%)
(40:60) 100°C	4.11	1.37	134
	3.90	1.30	
(40:60) 150°C	4.11	1.37	139
	4.20	1.40	
(40:60) 180°C	4.56	1.52	140
	3.84	1.28	
(25:75) 100°C	9.51	3.17	307
	8.91	2.97	
(25:75) 150°C	9.51	3.17	325
	9.99	3.33	
(25:75) 180°C	9.69	3.23	349
	11.25	3.75	
(10:90) 100°C	10.65	3.55	359
	10.89	3.63	
(10:90) 150°C	9.75	3.25	338
	10.50	3.50	
(10:90) 180°C	9.51	3.17	320
	9.69	3.23	

Tabel 5. Koefisien regresi kuadratik derajat pengembangan

Koefisien	Derajat Pengembangan
β_0	3.21*
β_1	1.04×10^{-1} ***
β_2	-6.24×10^{-3}
β_{12}	-3.95×10^{-3} ****
β_{11}	1.90×10^{-4}
β_{22}	6.77×10^{-6}

Keterangan:

Respon

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{21} X_2 X_1 + \beta_{22} X_2^2$$

* $P < 0.05$

** $P < 0.01$

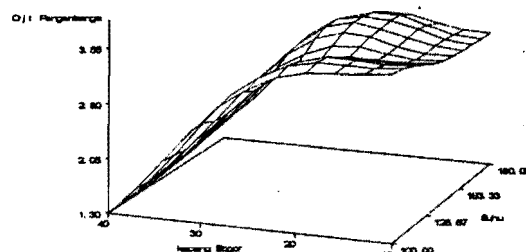
*** $P < 0.005$

**** $P < 0.001$

Titik kritis jumlah kacang Bogor dalam campuran umpan ekstrusi adalah

18,11% sedangkan suhu *die* (cetakan) adalah sebesar 207,16°C. Wilayah optimal derajat pengembangan ekstrudat terhadap ekstrusi berlangsung pada kondisi jumlah kacang Bogor dalam campuran umpan berkisar antara 10% hingga 18,11%. Sedangkan kondisi optimal ekstrusi terhadap derajat pengembangan ekstrudat terjadi pada suhu *die* adalah berkisar antara 100°C hingga 207,18°C, artinya ekstrusi yang baik campuran ubijalar merah dengan kacang Bogor dapat dilakukan pada perlakuan suhu maksimal 207,18°C dan minimal 100°C. Perlakuan yang menghasilkan ekstrudat dengan derajat pengembangan tinggi adalah sebesar 359% yaitu pada komposisi campuran kacang bogor terhadap ubi jalar merah adalah 40%:60% (Gambar 3).

Hasil Analisa Produk Ekstrusi



Gambar 3 Pengaruh suhu *die* (cetakan) dan kacang Bogor terhadap derajat pengembangan

Winarno (1992) menginformasikan bahwa derajat pengembangan dipengaruhi oleh konsentrasi, pH larutan, gula, garam, lemak dan protein. Gula menurunkan kekentalan karena gula mengikat air sehingga menghambat pembengkakan granula. Sedangkan Lemak membentuk ikatan kompleks dengan amilosa pada saat pemanasan granula sehingga menghambat pelepasan amilosa.

Pengembangan terjadi karena adanya gelatinisasi seperti berikut:

Pati alami → Gelatinisasi → Pasta pati

Gelasi → Gel
(Koch *et al.*, 1993)

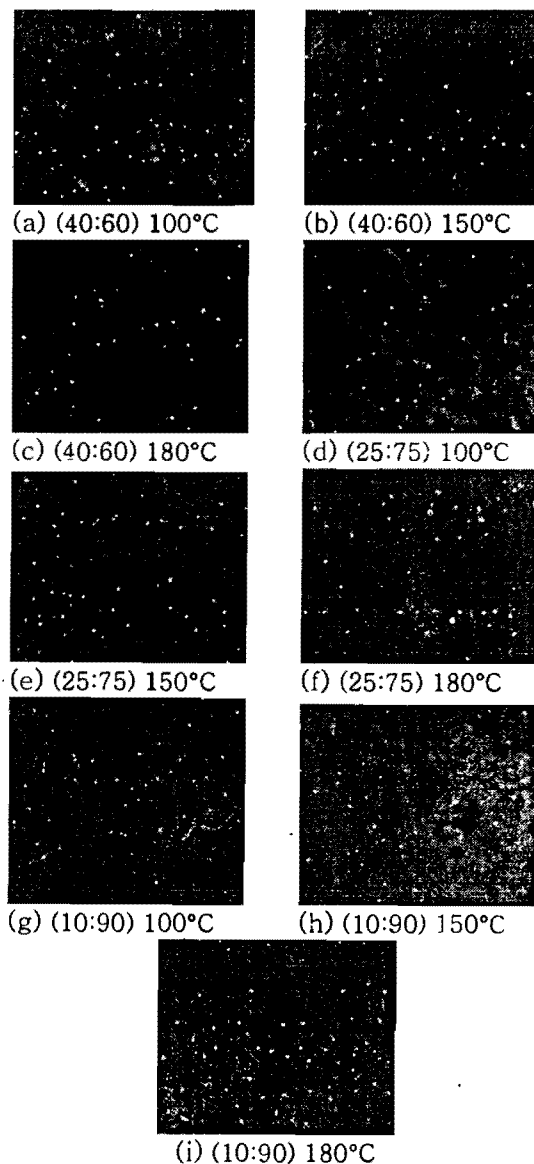
Pertama, terjadi penetrasi air secara bolak-balik ke dalam granula. Kedua, pada suhu antara 60°C dan 85°C granula mengembang cepat dan akhirnya kehilangan sifat birefringence. Ketiga, jika suhu terus dinaikkan maka molekul-molekul pati terdifusi dari granula. Umumnya karakteristik sumber pati juga berpengaruh selama proses gelatinisasi.

Pada dasarnya pati dalam campuran protein nabati dengan kandungan lemak 1,1% akan lebih mengembang daripada jumlah lemak 3%, artinya semakin tinggi jumlah lemak dalam protein nabati maka menghasilkan ekstrudat yang memiliki derajat pengembangan lebih rendah (Park *et al*, 1993b). Umumnya semua produk komersial ekstrusi memiliki kandungan lemak rendah baik lemak nabati ataupun hewani karena alasan pengembangan (Rhee *et al*, 1997).

Lemak dan pati membentuk kompleks pada ekstrusi sehingga dapat mengurangi derajat pengembangan ekstrudat. Secara keseluruhan bahwa kecenderungan derajat pengembangan juga dipengaruhi kadar amilosa. Pada campuran 10:90 yaitu kacang Bogor 10% dan ubi jalar merah 90% memiliki derajat pengembangan tinggi karena jumlah kandungan pati dalam campuran ini lebih banyak. Pengembangan ini erat hubungannya dengan gelatinisasi. Peristiwa gelatinisasi dapat dijelaskan berdasarkan kondisi kelarutan dalam air yang terjadi pada campuran bahan.

Ekstrudat mengembang bersifat higroskopis karena kadar air umpan rendah. Ekstrudat yang mengembang memiliki permukaan lebih luas (terbuka), berongga dan dibatasi oleh lapisan-lapisan permukaan ekstrudat yang tipis sehingga ekstrudat memiliki volume lebih besar dan ringan. Bila pengembangan ekstrudat rendah artinya masih banyak granula yang masih belum tergelatinisasi dengan sempurna, sehingga masih tampak granula belum seluruhnya mengalami perubahan bentuk dari globular. Hal ini lebih jelasnya dapat dilihat dari Gambar 4 yaitu hasil

mikroskop polarisasi ekstrudat dari berbagai perlakuan.



Gambar 4. Hasil mikroskop polarisasi ekstrudat terhadap berbagai komposisi (Kacang Bogor : Ubi jalar merah) dan suhu.

Analisis Viskositas

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa suhu *die* (cetakan) dan komposisi campuran umpan dalam ekstrusi berpengaruh terhadap derajat pengembangan ekstrudat yang dihasilkan. Pengaruh masing-masing komposisi dan suhu dapat dilihat pada Tabel 6.

Sedangkan persamaan regresi data pengamatan analisis viskositas dapat dilihat dalam Tabel 7.

Tabel 6. Viskositas Produk Ekstrusi

Komposisi (Kacang Bogor: Ubi jalar merah)	Viskositas (BU)	Rata-Rata (BU)
(40:60) 100°C	120	120
	120	
(40:60) 150°C	145	145
	145	
(40:60) 180°C	300	300
	300	
(25:75) 100°C	205	205
	205	
(25:75) 150°C	240	240
	240	
(25:75) 180°C	250	250
	250	
(10:90) 100°C	480	480
	480	
(10:90) 150°C	465	465
	465	
(10:90) 180°C	465	465
	465	

Tabel 7. Koefisien regresi kuadratik pengamatan viskositas

Koefisien	V
β_0	1130.76****
β_1	- 42.43****
β_2	- 4.66*
β_{12}	4.33×10^{-1} ****
β_{11}	8.13×10^{-2} ****
β_{22}	1.25×10^{-2}

Respon

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{21} X_2 X_1 + \beta_{22} X_2^2$$

* $P < 0.05$

** $P < 0.01$

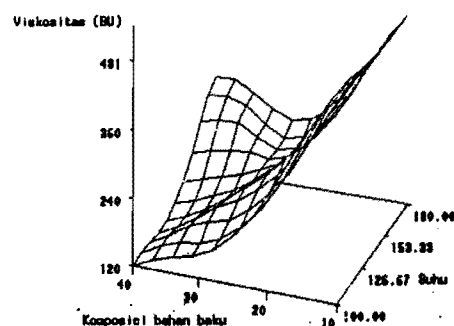
*** $P < 0.005$

**** $P < 0.001$

Titik kritis jumlah kacang Bogor dalam campuran umpan adalah sebanyak 45,30% sedangkan suhu *die* (cetakan) adalah 39,03°C Wilayah optimal ekstrusi terhadap viskositas dapat diperoleh bila proses berlangsung dalam jumlah kacang

Bogor dalam campuran umpan adalah berkisar antara 10% hingga 45,30%, sedangkan suhu *die* (cetakan) ekstrusi terhadap viskositas campuran umpan ubi jalar merah dan kacang Bogor optimal pada suhu berkisar antara 39,03% hingga 180°C. Perlakuan yang menghasilkan viskositas tinggi adalah perlakuan F3T1 sebesar 480 BU yaitu pada komposisi campuran kacang bogor terhadap ubi jalar merah adalah 40%:60% (Gambar 5).

Hasil Analisa Produk Ekstrusi



Gambar 5. Pengaruh suhu *die* (cetakan) dan komposisi bahan baku terhadap viskositas ekstrudat.

Pati dalam kondisi keseimbangan atmosfer mengandung 10-17 % air. Air diikat oleh pati dalam tiga bentuk yaitu air kristalin, air diabsorpsi, air antar rongga. Granula pati tidak larut dalam air dingin. Bagian amorphous dari granula pati dapat menyerap air hingga 30% tanpa merusak struktur misel. Bila suspensi air pati dipanaskan maka terjadi pembengkakan granula, awalnya pembengkakan bersifat dapat balik, namun setelah pemanasan mencapai suhu tertentu pengembangan bersifat tidak dapat balik dan terjadi perubahan struktur granula pati. Fenomena ini dinamakan proses gelatinisasi, dan suhu dimana granula telah mengalami pembengkakan dinamakan suhu gelatinisasi pati.

Selama proses terjadi pengrusakan ikatan hidrogen intramolekuler. Berfungsi mempertahankan struktur integritas granula dan gugus hidroksil bebas.

Selama proses berlangsung granula menyerap molekul air sehingga granula pati membengkak. Karena jumlah gugus hidroksil dari molekul ini sangat besar maka kemampuan menyerap air sangat besar. Terjadinya peningkatan viskositas pati karena air yang sebelumnya bebas bergerak diluar granula pati sebelum suspensi dipanaskan menjadi bergerak bebas di dalam granula pati. Untuk mengukur perubahan viskositas ini dapat menggunakan *Brabender amylograph* (*Brabender Viskosity*).

Menurut Tester dan Karkalas (1996) pembentukan gel yang baik pada pH 4-7. Bila pH terlalu tinggi pembentukan gel makin cepat tercapai namun cepat turun lagi. Sebaliknya bila pH terlalu rendah pembentuk gel lambat dan bila pemanasan diteruskan viskositas akan turun lagi.

Hubungan antara viskositas dengan derajat gelatinisasi adalah erat sekali. Bila gelatinisasi berlangsung baik berarti penyerapan air oleh granula pati baik pula sebab air bebas yang ada di luar pati dapat masuk ke dalam granula sehingga viskositas menjadi meningkat. Banyak faktor yang mempengaruhi viskositas itu sendiri diantaranya adalah kadar air, lemak dan amilosa dari umpan ekstrusi.

Semakin rendah kadar air umpan maka semakin tinggi gelatinisasinya. Semakin tinggi lemak maka semakin rendah viskositas karena lemak membungkus butiran atau granula pati sehingga menghambat jumlah air yang dapat diserap untuk gelatinisasi. Peningkatan viskositas diikuti oleh perubahan sifat bahan yaitu peningkatan kelarutan amilosa.

Protein dapat membentuk kompleks dengan pati sehingga mempengaruhi gelatinisasi pula. Semakin tinggi jumlah protein nabati yang tidak bebas lemak maka semakin rendah pula viskositasnya, sehingga gelatinisasi campuran umpan ekstrusi menjadi rendah.

Analisis Bobot Jenis

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa suhu die cetakan dan komposisi

campuran umpan dalam ekstrusi berpengaruh terhadap bobot jenis ekstrudat yang dihasilkan (Tabel 8).

Tabel 8. Bobot jenis produk ekstrusi

Komposisi (Kacang Bogor: Ubi jalar merah)	Berat Gelas Ukur + Produk (g)	Bobot Jenis	Rata- Rata
(40:60) 100°C	283.5	0.331	0.334
	284.7	0.336	
(40:60) 150°C	269.6	0.273	0.282
	274.1	0.291	
(40:60) 180°C	270.4	0.276	0.272
	268.4	0.268	
(25:75) 100°C	257.7	0.223	0.225
	258.8	0.227	
(25:75) 150°C	247.3	0.179	0.188
	251.5	0.197	
(25:75) 180°C	224.7	0.085	0.101
	232.2	0.116	
(10:90) 100°C	244.6	0.150	0.142
	242.9	0.134	
(10:90) 150°C	240.3	0.168	0.165
	236.4	0.161	
(10:90) 180°C	252.6	0.202	0.173
	238.8	0.144	

Catatan: Berat gelas ukur = 204.3 g
Densitas air = 0.9583 g/cc
Volume gelas ukur = 250 cc

Persamaan regresi kacang Bogor dan ubi jalar merah terhadap bobot jenis ekstrudat campuran ubi jalar merah dan kacang Bogor seperti pada Tabel 9.

Tabel 9. Koefisien regresi kuadratik pengamatan bobot jenis

Koefisien	BJ
β_0	1.26×10^{-1}
β_1	-2.67×10^{-3}
β_2	9.89×10^{-4}
β_{12}	$2.52 \times 10^{-4}***$
β_{11}	-3.85×10^{-5}
β_{22}	-2.40×10^{-6}

Keterangan:

Respon

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{21} X_2 X_1 + \beta_{22} X_2^2$$

* $P < 0.05$

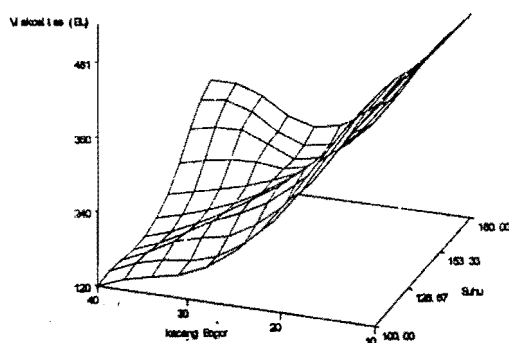
** $P < 0.01$

*** $P < 0.005$

**** $P < 0.001$

Titik kritis campuran kacang Bogor dalam umpan adalah sebesar 13,01% sedangkan suhu *die* (cetakan) dalam proses adalah sebesar 101,38°C. Wilayah optimal kondisi ekstrusi campuran terjadi pada suhu *die* (cetakan) berkisar antara 101,38°C hingga 180°C, sedangkan jumlah kacang Bogor dalam campuran umpan akan menghasilkan bobot jenis ekstrudat optimal dalam jumlah berkisar 10% hingga 13,04% (Gambar 6).

Hasil Analisa Produk Ekstrusi



Gambar 6. Pengaruh suhu *die* (cetakan) dan kacang Bogor terhadap bobot jenis ekstrudat.

Bobot jenis spesifik atau *gravity* merupakan perbandingan berat ekstrudat terhadap berat air atau densitas air pada volume yang sama yaitu 250 cc. Bobot jenis erat hubungannya dengan derajat pengembangan. Ekstrudat yang memiliki derajat pengembangan baik maka memiliki berat lebih ringan dan sebaliknya.

Jumlah protein, lemak, kadar air umpan juga memberikan pengaruh terhadap bobot jenis ekstrudat. Semakin tinggi protein, lemak dan kadar air umpan maka derajat pengembangannya rendah sehingga ekstrudat memiliki persen bobot jenis lebih tinggi. Dan sebaliknya untuk jumlah protein, lemak dan kadar air rendah terhadap bobot jenis.

Hasil percobaan menunjukkan bahwa perbandingan jumlah kacang Bogor 40% dalam campuran umpan memiliki bobot jenis tertinggi artinya derajat pengembangan ekstrudatnya rendah.

Berbeda halnya dengan perbandingan 10:90 yaitu 10% kacang Bogor dan 90% ubi jalar merah, sebab jumlah amilosa dalam ubi jalar merah lebih banyak maka viskositas dan gelatinisasinya lebih baik, bobot jenis rendah dan derajat pengembangan tinggi. Artinya dalam volume yang sama ekstrudat lebih ringan karena menghasilkan ekstrudat dengan pori-pori lebih seragam, tipis, renyah dan kekuatan tekstur tinggi.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu proses ekstrusi berpengaruh terhadap kualitas ekstrudat campuran kacang Bogor (*Voandzeia subterranea* L Thouars) dan ubijalar merah (*Ipomoea batatas* L). Hal ini dapat dilihat dari sifat fisik ekstrudat antara lain tekstur, derajat pengembangan, viskositas dan bobot jenisnya.

Pada perlakuan *blanching* kacang Bogor, mikroskop polarisasi menunjukkan bahwa *blanching* selama 15 menit memberikan pengaruh terbaik antara lain dari ukuran granula, berkurangnya jumlah lemak, dan tingginya derajat gelatinisasi dibandingkan dengan kacang Bogor *blanching* 5 menit atau tanpa perlakuan *blanching*. Semakin tinggi jumlah kadar lemak, protein dan air maka derajat gelatinisasi, viskositas serta derajat pengembangan semakin rendah namun kekuatan tekstur dan bobot jenis ekstrudat semakin tinggi.

Suhu *die* (cetakan) pada proses ekstrusi secara dominan mempengaruhi jumlah beta-karoten dan protein ekstrudat yang dihasilkan. Koefisien dari persamaan regresi menunjukkan bahwa peubah suhu *die* (cetakan) dan campuran umpan antara kacang Bogor dan ubi jalar merah berpengaruh terhadap analisis fisik yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bajaber AS, Sofos JN, Schmidt GR, Maga JA. 1993. Cohesion and hardness of extrusion-cooked

- mechanically and hand-deboned poultry meat with soy protein isolate and kappa carragenan. *J Muscle Food* 4:27-39.
- Burton GW, Ingold KU. 1984. Beta-carotene: an unusual type of lipid antioxidant. *J Food Sci* 224: 569-573.
- Harper JM. 1981a. Extrusion of Food Vol I. Florida:IRC-Press.
- Harper JM. 1981b. Extrusion of Food Vol II. Florida:IRC-Press.
- Koch H, Roper H, Hopcke R. 1993. New Industrial Uses of Starch. Di dalam: Meuser F, Manners DJ, Seibel W, editor. Plant Polymeric Carbohydrates. Germany. Royal Soc of Chem:157-177.
- Krinsky NI. 1988. The evidence for the role of carotenes in preventative health. *Clin Nutr* 7:107-112.
- Krinsky NI. 1989. Antioxidant function of carotenoids. *Free Redc Biol Medc* 7:617-635.
- Meuser Fredrich, Manners David J, Seibel W. 1992. Plant Polymeric Carbohydrates. Royal Society of Chemistry.
- Menkes MS, Comstock GW, Volleumier JP, Helsing KJ, Rider AA, Brookmeyer R. 1986. Serum beta-carotene, vitamin A and E, selenium and risk of lung cancer. *J Nucl Enge Med* 315:1250-1254.
- Muchtadi T, Purwiyatno R, Basuki A. 1988. Teknologi Pemasakan Ekstrusi. Lembaga Sumber Daya Informasi. Bogor. Institut Pertanian Bogor.
- Owusu AJ, Van De Vootz, Stanley ER. 1984. Textural and microstructural changes in corn starch as a functional of extrusion variables. *J Can Inst Food Sci Thecnol* 17:65-70.
- Park J, Rhee KS, Kim BK, Rhee KC. 1993a. Single screw extrusion of defatted soy flour, corn starch and raw beef blends. *J Food Sci* 58:9-20.
- Park J, Rhee KS, Kim BK, Rhee KC. 1993b. High protein texturized products of defatted soy flour, corn starch and beef: shelf life physical and sensory properties. *J Food Sci* 58:21-27.
- Rhee KS, Park J, Kwn KS, Ziprin YA, Rhee KC. 1997. Charactristic of expanded extrudates containing nonmeat ingridients and lamb, pork or beef. *J Muscle Food* 8:347-356.
- Rhee KS, Cho SH, Pradahm AM. 1999. Composition, storage stability and sensory properties of expanded extrudates from blends of corn starch and goat meat, lamb, mutton, spent fowl meat or beef. *J Meat Sci* 52:135-141.
- Tester RF, Karkalas J. 1996. Swelling and gelatinization of oat starches. *J Cereal Chem* 73 (2):271-277.
- Winarno FG. 1992. Sweet Potato Processing and By Product Utilization in Tropics. Proceeding of The First International Symposium on Sweet Potato. Taiwan: AVRDC:375-384.