

**KARAKTERISASI SIFAT FISIK, KIMIA SERTA
IDENTIFIKASI FRAKSI PROTEIN BIJI DAN EKSTRUDAT
SORGHUM COKLAT (*Sorghum bicolor* (L) Moench) LOKAL
GRATI PASURUAN**

Oleh :
SULTHON FATHONI
NIM. 0311010085-101

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
gelar Sarjana Teknologi Pertanian



**JURUSAN TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2009**

SULTHON FATHONI. NIM 0311010085. Karakterisasi Sifat Fisik, Kimia Serta Identifikasi Fraksi Protein Biji Dan Ekstrudat Sorghum Coklat (*Sorghum Bicolor* (L) Moench) Lokal Grati Pasuruan. SKRIPSI. Dosen Pembimbing : Dr. Ir. H. Sudarminto Setyo Yuwono., M.App.Sc dan Erni Sofia Murtini, STP. MP

RINGKASAN

Sorghum (*Sorghum bicolor* (L) Moench) merupakan salah satu jenis tanaman sereal yang mempunyai daerah adaptasi yang luas. Di dunia, sorghum telah banyak digunakan sebagai sumber bahan pangan. Namun di Indonesia pemanfaatannya sebagai bahan pangan masih sangat terbatas. Untuk meningkatkan pemanfaatan sorghum sebagai bahan pangan diperlukan penganekaragaman cara pengolahan. Salah satu cara pengolahan yang telah populer di masyarakat adalah pengolahan menggunakan ekstruder. Keuntungan proses ekstrusi dengan suhu tinggi dalam waktu singkat antara lain kemampuan memproses bahan sehingga menghasilkan perubahan karakteristik baik kimia meliputi modifikasi pati, fraksi protein dan kandungan kimia yang lain maupun perubahan struktur fisik dengan sifat yang diinginkan.

Tujuan penelitian ini adalah karakterisasi sifat fisik, kimia serta fraksinasi protein biji dan ekstrudat sorghum coklat lokal Grati Pasuruan.

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif. Data hasil penelitian disusun dalam bentuk tabel untuk mempermudah interpretasi data.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sorghum coklat lokal Grati Pasuruan memiliki dimensi panjang 4,08 mm, lebar 2,83 mm dan tebal 2,22 mm dengan berat per 1000 biji sebesar 20,10 g dan densitas kamba 0,71 g/ml. Setelah disosoh dimensinya berubah. Panjang biji menjadi 3,81 mm, lebar menjadi 2,77 dan tebalnya menjadi 2,13 mm dengan berat per 1000 biji 20,10 g, densitas kamba 0,71 g/ml dan rendemen sosoh 77,99%. Dari analisis proksimat sorghum diperoleh kadar air 9,39%, abu 0,43%, serat 0,41%, lemak 0,74%, pati 78,18%, gula reduksi 0,03% dan protein 10,26%.

Hasil fraksinasi protein sorghum menghasilkan fraksi kafirin 69,72%, albumin 13,83%, globulin 1,29% dan glutelin 15,16%. Kafirin tersusun dari 3 fraksi yakni α kafirin, β kafirin, γ kafirin dengan berat molekul masing-masing 21,96 kDa; 26,56 kDa dan 29,21 kDa.

Setelah melalui proses ekstrusi terlihat ekstrudat sorghum coklat lokal Grati Pasuruan memiliki rasio pengembangan paling kecil (269,32%) dibanding ekstrudat jagung dan beras (335,54% dan 406,18%). Selain itu ekstrudat sorghum ini memiliki kenampakan yang lebih gelap ($L=52,16$) dibanding ekstrudat beras dan jagung ($L=64,45$ dan $66,57$). Beberapa komponen kimia setelah diekstrusi mengalami penurunan yakni kadar air menjadi 6,74%, lemak 0,54%, pati 74,37% dan protein 6,77%. Sedangkan yang mengalami kenaikan adalah kadar abu menjadi 0,47%, serat 1,35% dan gula reduksi 6,77%. Komposisi fraksi protein juga mengalami perubahan. Kafirin yang merupakan fraksi terbesar mengalami penurunan menjadi 39,22%.

Kata kunci : *sorghum, ekstrusi, karakterisasi, identifikasi, fraksi protein*

repository.ub.ac.id

SULTHON FATHONI. NIM 0311010085. Performance–Characteristic Chemistry and Protein Fraction Identification of Bean and Extrudates Locally Sorghum Chocolate (*Sorghum bicolor* (L) Moench) Grati Pasuruan. SKRIPSI. Lecturer : Dr. Ir. Sudarminto Setyo Yuwono, M. App. Sc and Erni Sofia Murtini, STP. MP

SUMMARY

Sorghum (*Sorghum bicolor* (L) Moench) is a kind of serealia which has a large area of adaptation. In the world, it is used as food mutual sources. But, the use of sorghum as food mutual sources is very limited in Indonesia. We need diversification process to increase the use of sorghum as food mutual sources. One of those processes which is people known is the process that uses extruder. The advantage of the process which use high temperature in the short time are the ability to proceed the material so that it can produce a new characteristic ever chemistry which involves starch modification, protein fractional and another chemical content, and new physical structure with its own characteristic.

The purpose of this research are performance-characteristic chemistry and fraction protein identification of bean and extrudates locally sorghum chocolate Grati Pasuruan.

This research uses descriptif method. The data of this research is arrage in the form of table. It is to make the data interpretation easier.

The result of this research shows that locally sorghum chocolate Grati Pasuruan has length 4,08 mm; width 2,83 mm an thick 2,22 mm with its weight 20,10 g/1000 beans and bulk density 0,71 g/ml and decortication rendemen 77,99%. From the proximate analysis, sorghum has 9,39% of water content, 0,43% of dusty content, 0,41% of fiber, 0,74% of fatty, 78,18% of starch, 0,03% reduced sugar and 10,62% of protein.

Sorghum fractional protein showed 69,72% of kafirin, 13,83% of albumin, 1,29% of globulin and 15,16% of glutelin. Kafirin is contained of 3 fractions, they are α -kafirin, β -kafirin, γ -kafirin which each of its weight is 21,96 kDa; 26,56 kDa and 29,21 kDa.

After extrusion, its showed that expansion ratio of locally sorghum chocolate Grati Pasuruan extrudates is smaller (269,32%) than extrudates of corn and rice (335,54% and 406,18%). In addition, extrudates sorghum has more slightly blak apperance (L=52,16) than rice and corn have (L=64,45 and 66,57). Some of chemistry component which has been extruded is going to decrease, that is 6,74% of water content, 0,54% of fatty, 74,37% of starch and 6,77% of protein. And they which is going to increase are 0,47% of dusty content, 1,35% of fiber and 6,77% of sugar reduction. The composition of protein fraction has also changed. Kafirin which is the biggest fraction has decreased to 39,22%.

Key words : *sorghum, extrusion, performance-characteristic, identification, protein fraction*

I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sorghum (*Sorghum bicolor* (L) Moench) merupakan salah satu jenis tanaman sereal yang mempunyai daerah adaptasi yang luas. Tanaman sorghum toleran terhadap kekeringan dan genangan air, dapat berproduksi pada lahan marginal, serta relatif tahan terhadap gangguan hama/penyakit. Daerah penghasil sorghum dengan pola pengusahaan tradisional terdapat di Jawa Tengah, DIY, Jawa Timur serta sebagian NTT dan NTB (Sirappa, 2008).

Sorghum merupakan sereal sumber karbohidrat. Nilai gizi sorghum cukup memadai sebagai bahan pangan, yaitu mengandung sekitar 83% karbohidrat, 3,50% lemak, dan 10% protein (basis kering). Namun, pemanfaatannya sebagai bahan pangan di Indonesia masih sangat terbatas. Selama ini sorghum hanya diolah menggunakan resep hasil pengetahuan empiris seperti layaknya beras dari padi, antara lain adalah: Sorghum beramilosa tinggi (*nonwaxy*); diolah sebagai nasi, nagasari, dan apem. Sorghum beramilopektin tinggi (*waxy*); diolah menjadi lemper, wajik, jadah, tapai, dodol, kue klepon, getas, maduwongso, kue gapit dan lain sebagainya. Selain mengandung zat gizi, sorghum juga mengandung senyawa antinutrisi, terutama tanin yang menyebabkan rasa sepat sehingga tidak disukai konsumen (Suarni, 2004). Suwelo (1998) dalam Suarni (2004) menambahkan tingginya kadar protein prolamin pada sorghum menyebabkan rendahnya mutu tepung sorghum sehingga nilai gizinya relatif rendah. Hal ini karena protein sorghum mengandung lebih banyak ikatan silang disulfid dibanding jagung dan millet. Banyaknya ikatan inter dan intra

disulfid kafirin pada sorghum ini menyebabkan resistensi kafirin terhadap pepsin sehingga daya cerna protein sorghum menjadi rendah (Woo *et al.*, 2004).

Untuk meningkatkan pemanfaatan sorghum sebagai bahan pangan diperlukan penganeekaragaman cara pengolahan yang bertujuan untuk meningkatkan daya terima masyarakat. Salah satu cara pengolahan yang telah populer di masyarakat adalah pengolahan ekstrusi (Polina, 1995). Karena waktu proses yang sangat singkat, cara pengolahan bahan pangan dengan metode ekstrusi memiliki tingkat produktifitas yang tinggi sehingga industri ini sangat diminati dan memiliki prospek yang cerah.

Pada dasarnya, semua bahan yang mengandung karbohidrat dan protein dapat diproses dan diteksturisasi dengan ekstruder (Astari, 2000). Muchtadi, dkk (1988) menyatakan keuntungan proses ekstrusi dengan suhu tinggi dalam waktu singkat antara lain kemampuan memproses bahan mentah pada kadar air rendah atau tinggi dengan desain tertentu terhadap ulir, sehingga menghasilkan perubahan karakteristik baik kimia meliputi modifikasi pati, fraksi protein dan kandungan kimia yang lain maupun perubahan struktur fisik dengan sifat yang diinginkan.

Penggunaan sorghum coklat lokal Grati Pasuruan sebagai bahan baku produk ekstrusi belum pernah dilaporkan, oleh karena itu perlu dilakukan penelitian karakterisasi sifat fisik, kimia serta identifikasi fraksi protein biji dan ekstrudat sorghum coklat lokal sehingga nantinya diketahui perbedaan sifat fisik, kimia dan fraksi protein terutama fraksi prolamin akibat pengaruh proses ekstrusi dan juga pengaruhnya terhadap karakteristik ekstrudat yang dihasilkan.

1.2 Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah karakterisasi sifat fisik, kimia serta identifikasi fraksi protein biji dan ekstrudat sorghum coklat lokal Grati Pasuruan.

1.3 Manfaat

Memberikan informasi tentang perubahan karakteristik sifat fisik, kimia dan fraksi-fraksi protein sorghum coklat lokal Grati Pasuruan akibat pengaruh proses ekstrusi sehingga dapat digunakan sebagai dasar pengembangan produk ekstrudat sorghum yang lebih baik dan pemanfaatannya lebih lanjut sebagai sumber pangan alternatif di Indonesia.



II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sorghum

Para ahli percaya bahwa sorghum berasal dari daerah Timur Laut Afrika dimana tanaman ini tumbuh liar dan terdiri dari banyak varietas, diantaranya masih dapat ditemui hingga sekarang. Diperkirakan sorghum pertama kali dibudidayakan di Ethiopia sekitar 5000 sampai 7000 tahun yang lalu kemudian diperdagangkan secara luas ke seluruh Afrika, Timur Tengah sampai India sekitar 3000 tahun yang lalu, lalu menyebar luas sampai ke Cina. Sorghum diperkenalkan kembali pada akhir abad ke 19 sebagai komoditi komersial dan berkembang pesat di Amerika Selatan dan Australia (Anonymous, 2008^a).

Sorghum merupakan tanaman asli Asia dan Afrika yang dibudidayakan lebih dari 2000 tahun yang lalu. Sorghum memiliki banyak jenis, dimana lebih dari 42.000 jenis ada di Koleksi Sorghum Dunia di India. Sorghum diperkenalkan di Amerika pada pertengahan abad 19 dan dibudidayakan pertama kali di Pantai Atlantik. Keberhasilan pengembangan sorghum hibrida pada tahun 1950 meningkatkan produksi di Amerika, Meksiko dan Argentina dimana sorghum merupakan komoditas sereal terpenting kedua (Rooney and Saldivar, 2000).

Di setiap daerah pengembangannya sorghum dikenal dengan nama Great Millet, Guinea Cora (Afrika Barat), Kafir Corn (Afrika Selatan), Milo Sorgo (Amerika Serikat), Kaoliang (Cina), Durra (Sudan), Mtama (Afrika Barat), Jola (Jawa), Chotam (India) (Duodu *et al.*, 2003).

Sistematika tanaman sorghum menurut Anonymous (2007^b) adalah :

Kingdom	: Plantae
Subkingdom	: Tracheobionta
Superdivision	: Spermatophyta
Division	: Magnoliophyta
Class	: Liliopsida
Subclass	: Commelinidae
Order	: Cyperales
Family	: Poaceae
Genus	: <i>Sorghum</i> Moench
Species	: <i>Sorghum bicolor</i> (L) Moench

Seperti halnya jenis tanaman lain yang tumbuh di bumi, sorghum membutuhkan suasana dan lingkungan tumbuh tertentu. Suasana lingkungan itu dibentuk oleh 5 faktor yaitu ketinggian tempat di atas laut, iklim, tanah serta air dan irigasi. Keempat faktor itu tidak berdiri sendiri namun saling mengisi dan mempengaruhi, ada interaksi satu dengan yang lain. Gejala interaksi ini akhirnya membentuk suasana yang dapat mempengaruhi sifat dan karakteristik setiap tumbuhan (Rismunandar, 2003).

Menurut Rooney and Saldivar (2000), beberapa faktor lingkungan memengaruhi kenampakan biji sorghum. Lingkungan yang panas dan lembab selama masa pertumbuhan sorghum memberikan dampak negatif terhadap biji yang disebabkan oleh serangan jamur dan serangga. Serangga dapat menghasilkan bintik-bintik warna beberapa bagian biji yang menutupi warna asli biji. Sedangkan

jamur menyebabkan perubahan warna, memecah biji, mengurangi tingkat kekerasan biji dan secara signifikan mempengaruhi kualitas sorghum.

Rooney and Saldivar (2000) juga menyatakan faktor genetik dan lingkungan juga sangat berpengaruh terhadap kandungan kimia sorghum. Sebagai contoh, pemupukan dengan pupuk kaya nitrogen akan meningkatkan kandungan protein dan menurunkan pati pada biji. Salah satu fraksi protein yaitu prolamin juga mengalami peningkatan jumlah seiring terjadinya peningkatan kandungan protein sorghum.

Burleson *et al.* (1956) dalam FAO (1991) menyatakan kandungan protein yang bervariasi pada sorghum disebabkan karena tanaman sorghum tumbuh pada kondisi iklim yang berbeda-beda yang mana berpengaruh terhadap komposisi biji. Seperti dilaporkan oleh Virupaksha and Sastry (1968) dalam FAO (1991) perbedaan musim menyebabkan perbedaan distribusi fraksi protein dimana sorghum yang tumbuh pada musim panas/kering mengandung lebih sedikit prolamin dibandingkan pada musim-musim yang lain.

Sorghum memiliki banyak kegunaan. Di banyak negara biji sorghum digunakan sebagai bahan pangan, pakan ternak dan bahan baku industri. Sebagai bahan pangan dunia, sorghum berada pada urutan ke-5 setelah gandum, padi, jagung dan barley (FAO, 1991).

Menurut Anonymous (2008^b), di negara maju biji sorghum digunakan sebagai pakan ternak unggas sedang batang dan daunnya untuk ternak ruminansia. Biji sorghum juga merupakan bahan baku industri seperti industri etanol, bir, wine, sirup, lem, cat dan modifikasi pati (*modified starch*). Sorghum tidak hanya

bijinya yang menghasilkan. Dedaknya bisa untuk pupuk organik. Daun dan batangnya untuk pakan ternak. Selain itu, hasil olahan lainnya ternyata bisa untuk bahan membuat cat, lem, dan masih banyak lagi. Sorghum pun didaulat sebagai bahan pangan alternatif utama pengganti beras.

Di Indonesia pemanfaatan sorghum terutama sebagai bahan pangan masih sangat terbatas. Bentuk olahan dari sorghum yang telah memasyarakat dengan resep hasil pengetahuan empiris seperti layaknya beras dari padi antara lain adalah: Sorghum nonpulut (*nonwaxy*); diolah sebagai nasi, nagasari, dan apem. Sorghum pulut (*waxy*); dapat diolah menjadi lemper, wajik, jadah, tapai, krasikan, widaran, dodol, kue klepon, getas, maduwingso, kue gapit dan lain sebagainya (Suarni, 2007).

2.1.1 Klasifikasi Biji Sorghum

Berdasarkan aplikasinya, sorghum dibedakan menjadi 4 golongan, yakni (Anonymous, 2007^c):

1. Sorghum biji; terutama digunakan sebagai makanan di area tropis dan sering digunakan sebagai bahan mentah untuk minuman beralkohol, pemanis dan glukosa
2. Sorghum manis; digunakan sebagai bahan untuk sirup manis
3. Sorghum sapu; digunakan sebagai bahan untuk membuat sapu
4. Sorghum rumput; ditumbuhkan untuk pakan hijau dan digunakan untuk makanan ternak

Menurut Rismunandar (2003), tanaman sorghum dibagi dalam dua kelompok, yaitu :

1. Sorghum yang berumur pendek (musiman) dengan nama lainnya *Sorghum vulgare* terdiri atas empat keluarga :
 - a. Sorghum makanan ternak (*Sorghum vulgare var sacharatum*). Batangnya mengandung gula yang dapat dipakai untuk membuat sirup. Ditanam juga untuk menghasilkan makanan ternak segar.
 - b. Sorghum penghasil biji-bijian. Terdiri atas jenis-jenis : *milo*, *kafir*, *feterita*, *heigari*, dan sebagainya. Batangnya tidak mengandung gula dan menghasilkan biji-bijian. Batang dan daunnya dapat dimanfaatkan untuk makanan ternak.
 - c. Sorghum sapu (*var. technicum*). Banyak ditanam di Amerika Serikat. Jenis ini menghasilkan malai yang panjang tangkainya (30-90 cm) untuk dijadikan sapu dan sikat.
 - d. Sorghum rumput (*Sorghum vulgare sudanense*). Di Indonesia sudah lama dikenal sebagai rumput sudan, mempunyai sifat tahan kering dan tahan kekurangan air. Rumput dapat mencapai ketinggian 1,5 m dan dapat dimulai dipotong pada umur 30-40 hari.
2. Sorghum tahunan (*Sorghum halepensis*) nenek moyang *sorghum vulgare*, tidak menghasilkan biji, namun dapat dimanfaatkan sebagai makanan ternak. Di Indonesia sudah lama dikenal sebagai tanaman glagah rayon dan sejenisnya, atau rumput *johnson* di luar negeri.

Di Amerika Serikat, sorghum diklasifikasikan menjadi 4 kelas berdasarkan kandungan tannin dan warna oleh USDA Federal Grain Inspection Service (FGIS), yakni (Anonymous, 1993) :

1. Sorghum

Sorghum dengan kandungan tanin rendah karena kurangnya testa berpigmen dan mengandung kurang dari 98% sorghum putih dan tidak lebih dari 3% sorghum tanin.

2. Sorghum Tanin

Sorghum dengan kandungan tanin tinggi karena adanya testa berpigmen dan mengandung tidak lebih dari 10% sorghum non-tanin. Warna pericarp dari kelas ini biasanya coklat

3. Sorghum Putih

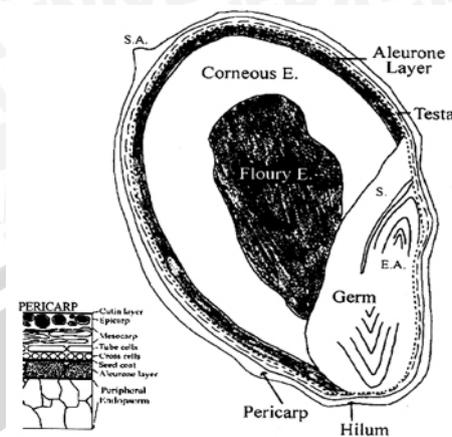
Sorghum dengan kandungan tanin rendah karena kurangnya testa berpigmen dan mengandung tidak lebih dari 2% sorghum dari kelas lain. Warna pericarp dari kelas ini adalah putih atau jernih.

4. Sorghum Campuran

Sorghum yang tidak memenuhi persyaratan untuk beberapa kelas sorghum, sorghum tanin atau sorghum putih.

2.1.2 Struktur dan Morfologi Biji Sorghum

Biji sorghum memiliki spesifikasi yang bervariasi, berat berkisar 3 – 80 mg dan densitas 1,15 – 1,38 g cm⁻³. Sorghum komersial di Amerika umumnya memiliki panjang 4mm, 2mm lebar dan 2,5 mm tebal, dengan berat biji 25-35 mg dan densitas 1,28 – 1,36 g cm⁻³ (Anonymous 1993).



Gambar 1. Morfologi Biji Sorghum (Waniska, 2005).

Menurut Laimeheriwa (1990), pada umumnya biji sorghum berbentuk bulat dengan ukuran biji kira-kira 4 x 2,5 x 3,5 mm. Berat biji bervariasi antara 8 mg – 50 mg, rata-rata berat 28 mg. Berdasarkan ukurannya sorghum dibagi atas :

- sorghum biji kecil (8-10 mg)
- sorghum biji sedang (12-24 mg)
- sorghum biji besar (25-35 mg)

Biji sorghum tersusun oleh tiga komponen yaitu : pericarp (lapisan terluar), endosperma dan lembaga (germ), dengan distribusi beratnya adalah pericarp 6%, endosperma 84% dan germ 10%. Pericarp tersusun oleh tiga jaringan yaitu : epicarp, mesocarp, dan endocarp. Pericarp umumnya dilapisi oleh lapisan lilin tipis dan juga seringnya terdapat pigmen. Tidak seperti kebanyakan sereal, mesocarp sorghum tersusun oleh tiga sampai empat lapisan yang mengandung pati granula kecil. Ketebalan pericarp berkisar antara 8-160 µm. Ketebalan testa tidak seragam berkisar antara 8-40 µm, lapisan testa tebal pada bagian dekat crown area dan tipis saat mendekati lembaga/germ. Di dalam testa terdapat pigmen dan tanin (Waniska, 2005).

Pada biji sorghum, diantara kulit biji dan daging biji dilapisi oleh lapisan testa dan aleuron. Lapisan testa termasuk pada bagian kulit biji dan lapisan aleuron termasuk pada bagian dari daging biji. Jaringan kulit biji terikat oleh daging biji, melalui lapisan tipis yang biasa disebut semen. Pada proses penyosohan/penggilingan, ikatan kulit biji dengan daging biji ini sulit dipisahkan (Laimeheriwa, 1990)



Gambar 2. Biji Sorghum (Anonymous, 2008^c)

Menurut Laimeheriwa (1990), kulit biji sorghum berdasarkan warnanya dibedakan menjadi dua, yaitu berwarna putih, merah atau coklat. Kasih (2005), menambahkan bahwa warna kulit biji ini merupakan salah satu kriteria menentukan kegunaannya. Varietas yang berwarna putih lebih terang akan menghasilkan tepung yang lebih putih dan tepung ini cocok untuk digunakan sebagai makanan lunak, roti dan lainnya. Sedangkan varietas yang berwarna gelap dan rasanya lebih pahit. Tepung ini cocok untuk bahan dasar pembuatan minuman.

Beberapa faktor dapat mempengaruhi warna dan kenampakan sorghum. Kenampakan terutama dipengaruhi oleh warna dan ketebalan pericarp, adanya pigmen pada testa dan warna endosperma, selain juga karena pengaruh kondisi lingkungan, serangan serangga dan jamur. Lingkungan yang panas dan lembab

selama proses penuaan biji sorghum dapat berakibat buruk pada kenampakan sorghum. Kerusakan juga dapat diakibatkan oleh serangan serangga, jamur, air dan sinar matahari. Gigitan serangga memicu diproduksinya senyawa fenol yang dapat membentuk spot-spot warna pada pericarp dan endosperma. Koloni jamur dapat membuat warna yang tidak dikehendaki pada pericarp, selanjutnya merusak komposisi dan struktur endosperma dan menurunkan kualitas biji (Rooney and Saldivar, 2000).

2.1.3 Kandungan Nutrisi Biji Sorghum

Komposisi nutrisi dari sorghum sangat bervariasi, tergantung dari sifat genetika dan lingkungan tumbuhnya. Secara kasar komposisi sorghum mirip dengan jagung. Pati merupakan komponen utama diikuti dengan protein. Sebagian sorghum mempunyai kandungan amilopektin 70-80% dan amilosa 20-30%. Sebagai bahan pangan dan pakan ternak alternatif sorghum memiliki kandungan nutrisi yang baik, bahkan kandungan proteinnya lebih tinggi daripada beras (Rooney and Saldivar, 2000). Komposisi kimia sorghum dan perbandingannya dengan sumber pangan lain disajikan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Komposisi Kimia Sorghum per 100 g Bahan

Komponen	Biji Utuh	Endosperma	Lembaga	Kulit
% berat	100	82,3	9,8	7,9
Protein (%)	12,3	12,3	18,9	6,7
Abu (%)	1,67	0,37	10,4	2,0
Lemak (%)	3,6	0,6	28,1	4,9
Pati (%)	73,8	82,5	13,4	34,6
Niacin (mg/100g)	4,5	4,4	8,1	4,4
Riboflavin (mg/100g)	0,13	0,09	0,39	0,4

Sumber : FAO (1991).

Tabel 2. Kandungan Nutrisi Sorghum dibandingkan Sumber Pangan Lain

Unsur Nutrisi	Kandungan/100 g				
	Beras	Jagung	Singkong	Sorghum	Kedelai
Kalori (cal)	360	361	146	332	286
Protein (g)	6,8	8,7	1,2	11,0	30,2
Lemak (g)	0,7	4,5	0,3	3,3	15,6
Karbohidrat (g)	78,9	72,4	34,7	73,0	30,1
Kalsium (mg)	6,0	9,0	33,0	28,0	196,0
Besi (mg)	0,8	4,6	0,7	4,4	6,9
Posfor (mg)	140	380	40	287	506
Vit. B1 (mg)	0,12	0,27	0,06	0,38	0,93

Sumber: Direktorat Gizi Departemen Kesehatan RI (1992), dalam Soeranto (2006)

Menurut Kasih (2005), kandungan protein pada sorghum dapat dicirikan menjadi empat jenis, yaitu albumin sekitar 1,37-7,7 %, globulin 2,0-9,3%, prolamin/kafirin 32,6-58,8% dan glutenin 19,0-37,4%. Sorghum tidak memiliki komponen protein gliadin dan glutenin yang mampu membentuk gluten seperti halnya terigu sehingga sorghum dapat menggantikan terigu sebagai tepung untuk orang yang membutuhkan diet bebas gluten seperti penyakit *Celiac-Sprue* dan autisme.

Suwelo (1998), dalam Suarni (2004) menambahkan tingginya kadar protein prolamin pada sorghum menyebabkan rendahnya mutu tepung sorghum sehingga nilai gizinya relatif rendah.

Secara kasar, kandungan lemak pada sorghum lebih kurang sebesar 1 %. Lembaga dan lapisan aleuron merupakan kontributor lemak, dan 80% lemak terdapat di lembaga. Asam lemak penyusun terbesar adalah asam linoleat, oleat dan palmitat (Rooney and Saldivar, 2000).

Sorghum juga mengandung serat tidak larut yang cukup tinggi, dengan sedikit sekali serat larut. Kandungan serat kasar terbesar berada pada bagian

pericarp dan dinding sel endosperma. Komponen penyusun serat yang utama adalah selulosa, hemiselulosa dan sedikit lignin. Beberapa jenis sorghum yang tinggi taninnya memiliki kandungan serat yang cukup banyak karena adanya kompleks antara tanin dengan protein (Anonymous, 2006).

Selain mengandung zat-zat gizi, sorghum juga mengandung senyawa anti nutrisi. Menurut Zuraida, dkk (2000), sorghum terdapat senyawa anti nutrisi yaitu tanin. Tanin merupakan zat yang bisa menahan bekerjanya enzim dalam pencernaan, misalnya tripsin, amilase dan lipase (Santoso, 2002). Kandungan tanin biji sorghum cukup tinggi dan beragam, berkisar 3,67–10,66%. Pada umumnya biji yang berwarna merah sampai coklat mengandung tanin lebih tinggi dibanding biji putih (Suarni dan Singgih 2002).

2.2 Sorghum Coklat

Sorghum bisa juga diklasifikasikan menjadi dua jenis, yakni sorghum yang memiliki kandungan tanin tinggi dan tanin rendah. Sorghum tinggi tanin atau biasa disebut sorghum coklat memiliki nilai nutrisi yang lebih rendah (Rooney and Saldivar, 2000)

Senyawa tanin pada biji sorghum seperti dituliskan Beta *et al.*, (2000) dibedakan menjadi asam fenolat, flavonoid dan *condensed tanin*. Awika *et al.*, (2003) menyebutkan *condensed tanin* yang biasa disebut procianidin merupakan komponen fenolik utama pada sorghum. Komponen tersebut terkonsentrasi pada testa dan pericarp sorghum.

Menurut Duodu *et al.*, (2003) pada sorghum coklat atau sorghum tanin terbentuknya kompleks protein-tanin merupakan faktor utama yang

mempengaruhi kegunaan protein. Interaksi tanin-protein pada sorghum termasuk di dalamnya ikatan hidrogen dan interaksi hidrofob. Prolamin (protein kaya prolin) pada sorghum berikatan kuat dengan tanin dan menyebabkan berkurangnya daya cerna protein.



Gambar 3. Sorghum Coklat (Anonymous, 2007^a).

Sorghum coklat cenderung lebih lunak dan lebih mudah mengalami kerusakan karena serangga dalam penyimpanan dibanding sorghum putih (FAO, 1991). Selain terdapatnya senyawa antigizi tanin pada lapisan testa yang harus dihilangkan, sorghum jenis coklat juga memiliki biji yang cenderung *soft* (rapuh) sehingga sulit untuk didapatkan endosperma utuh (Beta *et al.*, 2000).

Beberapa alasan biji sorghum coklat susah untuk diproses, antara lain:

1. Bila pericarp dihilangkan dari bagian luar ('diselep'=*abrasive*), maka testa merupakan bagian paling akhir yang bisa dihilangkan
2. Bila biji sorghum ini dibasahi, kulit yang dapat dihilangkan hanya bagian pericarp, sementara testa tetap terikat pada endosperma
3. Biji sorghum coklat cenderung lunak, dan endospermanya mudah pecah bila dilakukan pengulitan secara mekanis (FAO, 1991)

2.3 Fraksi-Fraksi Protein Sorghum

Meskipun tidak ada sistem klasifikasi yang bisa diterima secara universal, protein dapat diklasifikasikan berdasarkan kelarutan, bentuk, fungsi biologis atau struktur tiga dimensinya. Sebuah sistem dengan pemakaian terbatas pada ilmu biokimia klinik membedakan “albumin”, “globulin”, “histon”, dll. Berdasarkan kelarutannya pada garam akueosa (Rodwell, 2001).

Berdasarkan kelarutannya, Harrow *et al.*, (1962) dalam Rusdianto (2004) menggolongkan protein dalam 6 fraksi, yaitu :

1. Albumin, mempunyai karakter yang mudah larut dalam air dan mudah terkoagulasi oleh panas
2. Globulin, tidak dapat larut air, mudah terkoagulasi oleh panas, mudah larut dalam larutan garam dan membentuk endapan dengan konsentrasi garam yang tinggi. Larutan garam yang sering digunakan adalah NaCl, MgSO₄ dan (NH₄)₂SO₄
3. Glutelin, tidak dapat larut dalam pelarut netral tetapi mudah larut dalam larutan asam dan basa
4. Protein yang larut dalam alkohol (prolamin), mudah larut dalam alkohol 70-80% dan tidak dapat larut dalam air
5. Histones, mudah larut dalam air dan tidak dapat larut dalam ammonia. Selain larutan tersebut dapat digunakan untuk mengendapkan histones. Bentuk koagulan akibat pemanasan dapat dilarutkan dalam larutan alkali.
6. Protamine, mudah larut dalam air dan tidak mudah terkoagulasi oleh pemanasan.

Menurut Belton (2005) kafirin (prolamin pada sorghum) merupakan protein dominan pada sorghum dan secara struktur mirip dengan zein, protein jagung. Sebelumnya Lending *et al.*, (1988) dalam Duodu *et al.*, (2003) juga menyatakan bahwa kafirin yang berada di bagian *starchy* endosperm biji sorghum menyusun sekitar 70% dari total protein sorghum.

Shull *et al.*, (1991) menuliskan kafirin dapat diklasifikasikan menjadi α kafirin dengan BM 24000 dan 26000 da, β kafirin dengan BM 20000, 18000 dan 16000 serta γ kafirin dengan BM 28000. Oria (2007) menyatakan α kafirin merupakan fraksi protein yang didominasi oleh asam amino jenis sistein dan 80% terdapat pada endosperma biji. Dengan BM 26,59 kD dan ikatan disulfid yang tinggi, α kafirin merupakan prolamin jenis LMW (Low Molecular Weight) S-rich prolamin. Dengan kandungan ikatan disulfid yang tinggi, α kafirin memiliki kecenderungan sebagai fraksi protein dengan bioavailabilitas yang rendah, sehingga perlu proses pengolahan lebih lanjut untuk mendapatkan nilai cerna yang tinggi dari protein ini.

Menurut Fombang (2005) distribusi fraksi-fraksi protein pada tiap bagian biji sorghum putih (*food grade*) disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Distribusi Fraksi Protein Pada Bagian Biji Sorghum Putih (% protein)

Fraksi protein	Whole Grain	Endosperma	Lembaga	Pericarp
Albumin + Globulin	18,3	5,8	33,3	10,4
Prolamin	44,0	68,3	8,7	11,6
Glutelin	18,5	14,0	6,9	18,9

Sumber: Fombang (2005)

2.4 Ekstrusi

2.4.1 Ekstruder

Ekstruder adalah alat untuk melakukan proses ekstrusi (Harper, 1981). Menurut Hui (1992) alat ekstruder pada proses ekstrusi yang digunakan dalam proses pembuatan makanan kecil (*snack*) memiliki empat fungsi yaitu sebagai pencampur, pemasak, pembentuk dan pengembang (*puffing*).

Menurut Muchtadi, dkk (1988) dalam Polina (1995), fungsi ekstruder meliputi gelatinisasi/pemasakan, pemotongon molekuler, pencampuran, sterilisasi, pembentukan dan penggelembungan / pengeringan (*puffing/drying*). Kombinasi satu atau lebih fungsi-fungsi tersebut diatas merupakan hal yang tidak terpisahkan dalam proses ekstrusi.

Berdasarkan jumlah ulir yang digunakan dalam proses ekstrusi, Matz (1984) yang disitir oleh Polina (1995) membagi ekstruder menjadi ekstruder ulir tunggal dan ekstruder ulir ganda. Muchtadi, dkk (1988) menyatakan alat ekstrusi ulir tunggal merupakan alat ekstrusi yang paling sederhana dan sering digunakan. Mekanisme kerja ekstruder ulir tunggal ini adalah bahan pangan diumpangkan dari suatu pelompat (*hopper*) melalui leher pengumpan ke dalam corong ulir yang berputar di dalam silinder dengan dinding diperkeras. Suatu motou menggerakkan ulir dari pengatur gigi roda, dan dorongan ke belakang ulir tadi akan diserap oleh suatu penahan dorongan. Ketika bahan didorong sepanjang lorong berulir, bahan tersebut mengalami pencampuran, pemanasan dan pemotongan sekaligus. Mendekati ujung silinder dekat cetakan, bahan sudah dirubah menjadi

termoplastis, yaitu bahan yang kental elastis pada tekanan tinggi. Akhirnya bahan tersebut dialirkan menuju cetakan.

Ekstruder ulir tunggal dibagi lagi menjadi empat, yaitu *low shear* pembentukan, *low shear* pemasakan, *medium shear* pemasakan dan *high shear* pemasakan. Ekstruder ulir ganda atau ulir kembar terdiri dari dua ulir yang sama panjang dan terletak berdampingan dalam satu barel. Berdasarkan arah alirannya, ekstruder ulir ganda dapat dibedakan menjadi *counter rotating* dan *co-rotating*. Sedangkan berdasarkan pada jarak antara dua sumbu kedua ulir tersebut terpasang di dalam barel, dibedakan menjadi ekstruder ulir ganda yang *intermeshing* dan *non intermeshing* (Hariyadi, 1996).

Khusus untuk ekstruder ulir tunggal, umumnya syarat bentuk bahan bakunya harus berbentuk menir (*grits*), karena alasan-alasan teknis proses transport bahan dan mekanisme pembangkitan energi panas didalam laras (*barrel*) ekstruder. Pada ekstruder ulir tunggal mekanisme pembangkitan energi panas pada umumnya dilakukan dengan gesekan bahan dalam laras ekstruder, ditambah dengan panas dari elemen listrik pada bagian cetaknya. Oleh karena itu bahan yang berbentuk tepung terlalu mudah mengalami pemasakan berlebih jika diolah dengan ekstruder ulir tunggal dan mengakibatkan penjarangan dan memacetkan mesin (Ahza, 1996).

Menurut Anonymous (2008), bagian-bagian dari ekstruder ulir tunggal terdiri dari beberapa bagian, antara lain:

1. Badan ekstrusi (kerangka alat, motor penggerak, pengatur kecepatan dan sistem transmisi)

2. Sistem pemasukan bahan (*hopper/feeder*)
3. Ulir (*flight* dan *root*)
4. *Barrel* (komponen pembungkus ulir dilengkapi ventilasi, mantel, pengukur suhu, pengukur tekanan dan pemanas listrik)
5. Bagian pengeluaran (pencetak, pemotong, penampung).

Berikut merupakan gambar ekstruder tipe ulir tunggal :



Gambar 4. Alat Ekstruder Tipe Ulir Tunggal (Anonymous, 2008)

2.4.2 Proses Ekstrusi

Ekstrusi secara spesifik dapat didefinisikan sebagai proses mengkombinasikan beberapa unit operasi yang meliputi pencampuran, pengadukan, pemotongan, pemanasan, pendinginan, pembentukan dan pencetakan (Haryono dan Suhardi, 1998).

Dalam proses ekstrusi, bahan dipaksa untuk mengalir pada suatu ruangan yang sempit dan akhirnya memaksanya untuk keluar melalui bukaan yang sempit juga sehingga bahan mengalami beberapa satuan proses sekaligus meliputi proses pencampuran, pengadukan, pemasakan, pengulian, pembentukan pengembangan

atau pengeringan tergantung dari desain ekstruder dan kondisi proses (Dzizak, 1989 dalam Wulandari, 1997)

Ekstrusi mengarah pada pembentukan produk sesuai dengan bentuk, ukuran dan konsistensi yang diinginkan dengan menekan bahan melalui cetakan pada tekanan tinggi. Ekstrusi telah lama digunakan pada industri pangan dalam pembuatan bentuk spesial produk pangan (Haryono dan Suhardi, 1998).

Proses ekstrusi ini menurut Muchtadi, dkk (1988) bertujuan untuk meningkatkan produk olahan bahan pangan dengan cara membuat produk-produk dengan bentuk, tekstur, warna dan rasa yang berbeda-beda tetapi kandungan nutrisi yang dimilikinya tidak berubah. Pada proses ekstrusi, menggunakan metode HTST (*High Temperature Short Time*) yang bertujuan mengurangi kontaminasi dari mikroba serta mengaktifkan enzim.

Crowley (1976) dalam Wulandari (1997) menambahkan bahwa proses ekstrusi memberi manfaat mengubah flavor, mengubah protein (denaturasi) dan pati (gelatinisasi dan dekstrinisasi), menghasilkan makanan yang lebih mudah dicerna, merusak enzim yang merugikan, memperbaiki bentuk bahan dan menciptakan tekstur yang dikehendaki.

Pemasakan dengan ekstrusi memiliki banyak keuntungan, antara lain (Fellow, 1990) :

1. Dapat dirubah-rubah sehingga mesin yang sama dapat memasak dan mengolah produk yang mempunyai formula yang berbeda-beda.
2. Memberi bentuk dan tekstur pada hasil produk.
3. Kemampuan produk yang kontinyu.

4. Pengoperasian yang efisien dari segi tenaga, energi dan luas pabrik.
5. Pasteurisasi produk akhir, dan
6. Proses dalam keadaan kering dengan sedikit atau tanpa tumpahan.

2.5 Fraksinasi Protein

Kualitas protein dari sorghum berhubungan erat dengan distribusi fraksi-fraksi protein di dalam biji. Naik (1968) dalam FAO (1991), menggunakan prosedur ekstraksi yang dimodifikasi untuk memisahkan fraksi protein dalam sorghum, menjelaskan terdapat perbedaan distribusi fraksi protein di beberapa varietas sorghum yang berbeda.

Menurut Anonymous (2008) untuk menganalisa protein yang ada di dalam sel, diperlukan prosedur fraksinasi sel yaitu (1) memisahkan sel dari jaringannya, (2) menghancurkan membran sel untuk mengambil kandungan sitoplasma dan organelnya serta (3) memisahkan organelorganel dan molekul penyusunnya. Prosedur (1) dan (2) dinamakan homogenasi dapat dilakukan dengan menggunakan alat yang paling sederhana seperti homogeniser atau mortal sampai alat yang paling mutakhir seperti pemakaian vibrasi dan sonikasi tergantung pada bahan yang akan dihomogenasi. Prosedur (3) dilakukan dengan menggunakan sentrifus dengan kecepatan dan lama sentrifugasi tertentu. Sebagian besar protein merupakan molekul yang mudah rusak bila tidak berada pada kondisi fisiologisnya. Karena itu, untuk mempertahankan struktur dan fungsi protein, fraksinasi dilakukan pada suhu rendah (0-4°C) dalam buffer dan pH tertentu (tergantung dari jenis protein yang akan dianalisa).

Untuk menentukan fraksi protein berdasarkan kelarutannya, digunakan metode fraksinasi Osborne (Lookhart and Bean, 2000). Byers *et al.*, (1983) dalam Dvořáček and Čurn (2003) menambahkan meskipun metode fraksinasi ini telah dikenal sejak lama dan digunakan lebih dari satu abad, beberapa penelitian mengklaim bahwa ikatan-ikatan antara fraksi protein tidak terpisah dengan jelas dan metode ini sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor lain seperti suhu, lama ekstraksi dan intensitas pelarutan. Oleh karena itu perlu dilakukan beberapa modifikasi ekstraksi.

Didalam metode Osborne, albumin adalah protein yang larut dalam air, globulin larut dalam larutan garam encer tapi tidak larut air, prolamin larut dalam alkohol tapi tidak larut air atau larutan garam, dan glutelin larut dalam asam atau basa tapi tidak larut dalam alkohol, air ataupun garam (Lookhart and Bean, 2000).

2.6 Elektroforesis

Molekul protein merupakan molekul dengan tingkat kompleksitas atau kerumitan yang tinggi. Selain berbeda satu sama lain karena perbedaan muatan listriknya, protein mungkin pula berbeda karena berat molekul atau ukuran molekulnya. Ini berarti, perbedaan tersebut disebabkan oleh jumlah asam amino yang menyusun protein (Nakai dan Modler, 2000)

Menurut Kurniati, V.M dkk., (1999) berdasarkan perbedaan berat atau ukuran molekul, protein dapat dipisahkan satu sama lain dengan 2 cara. Pertama ialah dengan teknik elektroforesis menggunakan gel poliakrilamid sebagai medium pemisah. Dalam cara ini, mula-mula protein didenaturasi dengan

pemanasan dalam larutan dapar yang mengandung sodium dodesil sulfat (SDS). Denaturasi dalam SDS panas ini akan memberikan muatan negatif pada seluruh protein dalam larutan, karena terjadi interaksi hidrofobik antara molekul protein dengan molekul SDS. Interaksi ini sebanding dengan ukuran molekul protein. Jadi makin besar ukuran molekul suatu protein, makin banyak muatan negatif hasil interaksi protein dengan SDS. Selanjutnya bila diberi medan listrik, kompleks protein terdenaturasi-SDS di dalam gel poliakrilamid akan berjalan ke satu arah, yaitu kutub positif (anoda). Jarak yang ditempuh ditentukan oleh ukuran molekul, makin kecil molekul tersebut, makin jauh jarak yang ditempuh. Dengan demikian terjadi pemisahan protein berdasarkan berat molekul.

Menurut Fombang (2005) karakteristik hasil elektroforesis fraksi kafirin sorghum putih (*food grade*) adalah :

Tabel 4. Karakteristik Fraksi-Fraksi Kafirin Sorghum Putih (*food grade*)

Fraksi kafirin	BM (kDa)	Pelarut optimum untuk ekstraksi	% total prolamin sorghum
α -kafirin	23, 25	40-90% t-butanol + 2-ME	80
β -kafirin	20, 18, 16	10-60% t Butanol + 2-ME	7-8
γ -kafirin	28	10-80% t-butanol + reducing agent	9-12
δ -kafirin	15	-	ND

Sumber : Fombang (2005)

III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Biokimia dan Nutrisi Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Universitas Brawijaya dan Laboratorium Kimia dan Biokimia Hasil Pertanian Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Hasil Pertanian Universitas Jember. Pelaksanaan penelitian dilaksanakan pada bulan Maret-Desember 2008.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Peralatan

Alat yang digunakan untuk pembuatan ekstrudat sorghum adalah mesin ekstruder (*single screw* model MX-300I), wadah plastik dan blender.

Sedangkan alat-alat yang digunakan untuk analisa meliputi neraca analitik *Ohaus AP-310-O* (Swiss), magnetic stirrer *Stuart Scientific* dan batu stirernya, penetrometer, vortex *Maxi Max 1* type 16700, sentrifuse dingin *Medifriger 7000600* dan tabungnya, spectrophotometer UV dan kuvet 7Q, *sigma dialysis tubing* dan penjepitnya, 1 set alat elektroforesis *Bio-Rad*, eppendorf, lemari pendingin, penagas air maspion, spatula, beaker glass 100 mL, 250 mL, dan 1000 mL, labu ukur 25 ml, 50 ml dan 100 ml dan alat-alat lain yang terkait

3.2.2 Bahan

Bahan utama yang digunakan adalah sorghum coklat varietas lokal yang diperoleh dari Desa Rejoso Kecamatan Grati Kabupaten Pasuruan Jawa Timur.

Sedangkan bahan pembanding adalah beras merek “Mentari” dan jagung tipe jagung lapangan yang didapatkan dari pasar Kebalen Malang.

Bahan kimia yang digunakan antara lain aquades, H₂SO₄, tablet kjeldahl, HCl 0.02 N, dietil eter, *antifoam agent*, K₂SO₄, alkohol 95%, NaCl 2 %, etanol 70 %, asam asetat 0,1 M, NaOH 0,1 M, mix lowry, Folin 1 N, 2-merkaptotetanol merek Merck, 1 M tris HCl, gliserol 50%, SDS 10%, acrilamide stock solution, separating gel buffer 1,5 M 0,4%, stacking gel buffer 0,5 M, 0,4%, ammonium persulfat 10 %, elektroforesis buffer, sampel buffer, comassie gel stain, comassie gel destain.

3.3 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif. Biji sorghum sosoh dan biji sorghum yang diekstrusi selanjutnya di deskripsikan secara fisik, kimia dan fraksi-fraksi proteinnya. Masing-masing analisa dilakukan sebanyak 3 kali sebagai ulangan.

3.4 Pelaksanaan Penelitian

Tahapan pelaksanaan penelitian ini terbagi dalam lima tahap yakni persiapan bahan, pembuatan ekstrudat sorghum, karakterisasi sifat fisikokimia, fraksinasi protein dan elektroforesis. Tahapannya adalah sebagai berikut :

Tahap I. Persiapan Bahan

Sorghum yang digunakan sebagai bahan baku ekstrudat diperoleh dalam kondisi masih bersekam, selanjutnya dilakukan penyosohan dengan menggunakan

penyosoh beras sebanyak 4 kali. Setelah disosoh kemudian dihancurkan menggunakan blender sampai berbentuk grits

Untuk analisa kimia bahan baku, biji sorghum yang telah disosoh dihancurkan dengan blender sampai berbentuk tepung yang lolos ayakan 70 mesh. Begitu pula dengan bahan jagung dan beras

Tahap II. Pembuatan Ekstrudat Sorghum

Sampel berupa sorghum, beras dan jagung yang berbentuk grit dimasukkan sedikit demi sedikit kedalam mesin ekstruder yang telah dipersiapkan sebelumnya. Produk yang dikeluarkan dari mesin ekstruder ditampung dalam wadah plastik.

Tahap III. Karakterisasi Sifat Fisikokimia

Analisa sifat fisik bahan baku meliputi pengukuran dimensi (berat, panjang, lebar dan tebal) biji menggunakan neraca analitik dan jangka sorong, uji warna menggunakan *colour reader*, rendemen sosoh dengan rumus: $(\text{berat biji setelah disosoh} / \text{berat biji sebelum disosoh}) \times 100\%$ dan densitas kamba dengan cara menghitung berat biji dalam jumlah tertentu lalu dibandingkan dengan volumenya. Sedangkan analisa fisik ekstrudat meliputi tekstur, densitas kamba, dan warna (Gomez *et al.*, 1988 dalam Acosta 2003).

Untuk analisa kimia bahan baku dan ekstrudat sorghum meliputi penentuan kadar air (AOAC, 1970 dalam Sudarmadji dkk., 2007), kadar N total cara makro-kjeldahl yang dimodifikasi (AOAC, 1970 dalam Sudarmadji dkk., 2007), kadar lemak metode Soxhlet (AOAC, 1970 dalam Sudarmadji dkk., 2007), total gula cara spektrofotometri metode Nelson-Somogyi (AOAC, 1970

Sudarmadji dkk, 2007), kadar serat (AOAC, 1970 *dalam* Sudarmadji dkk., 2007), kadar abu (AOAC, 1970 *dalam* Sudarmadji dkk., 2007) dan kadar pati metode *Direct Acid Hydrolysis* (AOAC, 1970 *dalam* Sudarmadji dkk., 2007).

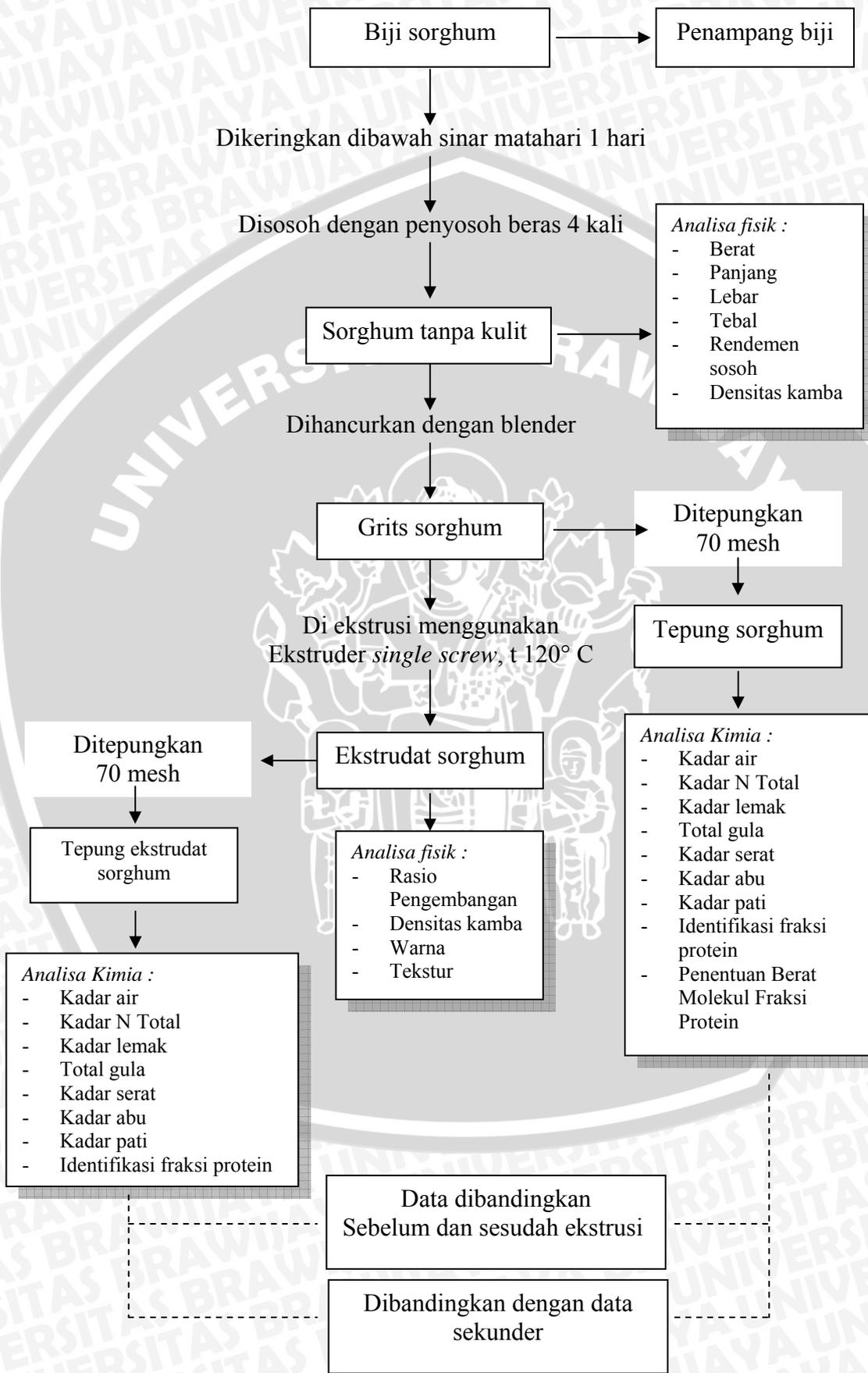
Tahap IV. Identifikasi Fraksi Protein

Identifikasi fraksi protein dilakukan dengan metode Osborn (1907) *dalam* Lookhard and Bean (2000) yang dimodifikasi. Tepung dan ekstrudat sorghum dihaluskan, dihilangkan lemaknya terlebih dahulu (Lampiran 1). Kemudian masing-masing diambil 2 gram lalu diekstrak dengan NaCl 2 % 100 ml dan distirer selama 1 jam. Suspensi kemudian disentrifuse dengan kecepatan 8000 rpm selama 20 menit pada suhu 4°C sehingga terpisah antara filtrat dan residunya. Filtrat yang terdiri dari albumin dan globulin didialisis (Lampiran 1) menggunakan membran dialisis selama 72 jam pada suhu 4°C. Hasil dialisis kemudian dipisahkan antara albumin dan globulin menggunakan sentrifuse dengan kecepatan 9000 rpm selama 20 menit pada suhu 4°C. Endapan yang diperoleh merupakan fraksi albumin sedangkan supernatannya merupakan fraksi globulin. Residu dari ekstraksi NaCl kemudian dilarutkan dalam alkohol 70 % dan distirer selama 1 jam. Suspensi kemudian disentrifugasi dengan kecepatan 8000 rpm selama 20 menit pada suhu 4°C. Filtrat yang diperoleh merupakan prolamin/kafirin dan dipisahkan dari residunya. Residu yang dihasilkan kemudian dilarutkan dengan asam asetat 0,1 M dan distirer selama 1 jam. Suspensi kemudian disentrifuse dengan kecepatan 8000 rpm selama 20 menit pada suhu 4°C. Filtrat yang diperoleh merupakan fraksi glutelin larut asam. Residu yang dihasilkan berikutnya dilarutkan dengan NaOH 0,1 M dan distirer selama 1 jam.

Suspensi kemudian disentrifuse dengan kecepatan 8000 rpm selama 20 menit pada suhu 4°C. Filtrat yang diperoleh merupakan fraksi glutelin larut basa. Masing-masing fraksi protein kemudian diukur konsentrasinya dengan metode Lowry (AOAC, 1970 dalam Sudarmadji dkk., 2007).

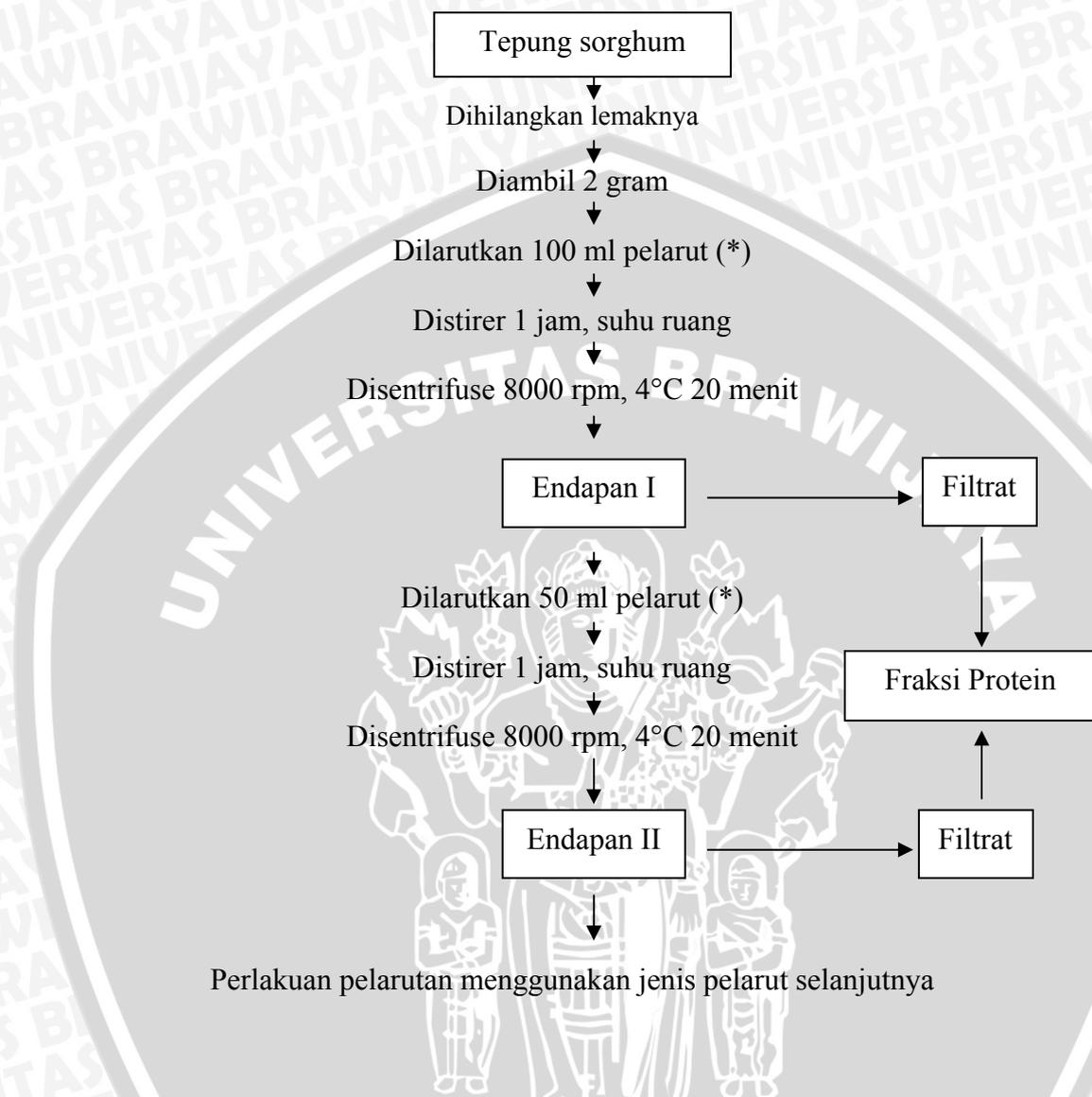
Tahap V. Penentuan Berat Molekul Fraksi Protein

Penentuan berat molekul fraksi protein dilakukan menggunakan metode SDS-PAGE/*Sodium Dodecyl Sulfate-Polyacrylamide Gel Electrophoresis* (Modifikasi Kurniati, V. dkk., 1999). Sampel disiapkan sesuai dengan prosedur persiapan sampel seperti tercantum pada Gambar 7. Setelah itu disiapkan *stacking* dan *separating gel* pada lempeng kaca elektroforesis (slab). Setelah terbentuk gel dan sumuran dengan baik, kemudian slab dimasukkan ke dalam buffer elektroforesis. Setelah dilakukan persiapan sampel (Gambar 7), sampel kemudian dimasukkan ke dalam sumuran pada *stacking gel*, masing-masing 15 µL., kemudian elektroforesis dijalankan (*running*) selama 2 jam atau sampai pita-pita (merupakan fraksi protein) yang terlihat melewati batas bawah *separating gel*. Setelah proses *running* selesai, gel dikeluarkan dari slab kemudian dilakukan pewarnaan menggunakan *Commassie Brilliant Silver* selama 30 menit. Setelah itu dilakukan penghilangan warna menggunakan larutan pencuci. Gel hasil elektroforesis (elektroforegram) kemudian diletakkan di meja ukur, kemudian masing-masing pita diukur jarak tempuhnya. Hasil pengukuran ini kemudian dimasukkan kedalam persamaan kurva standar *marker* (Lampiran 17) untuk memperoleh berat molekul dari fraksi protein yang dimaksud.



Gambar 5. Diagram Alir Penelitian

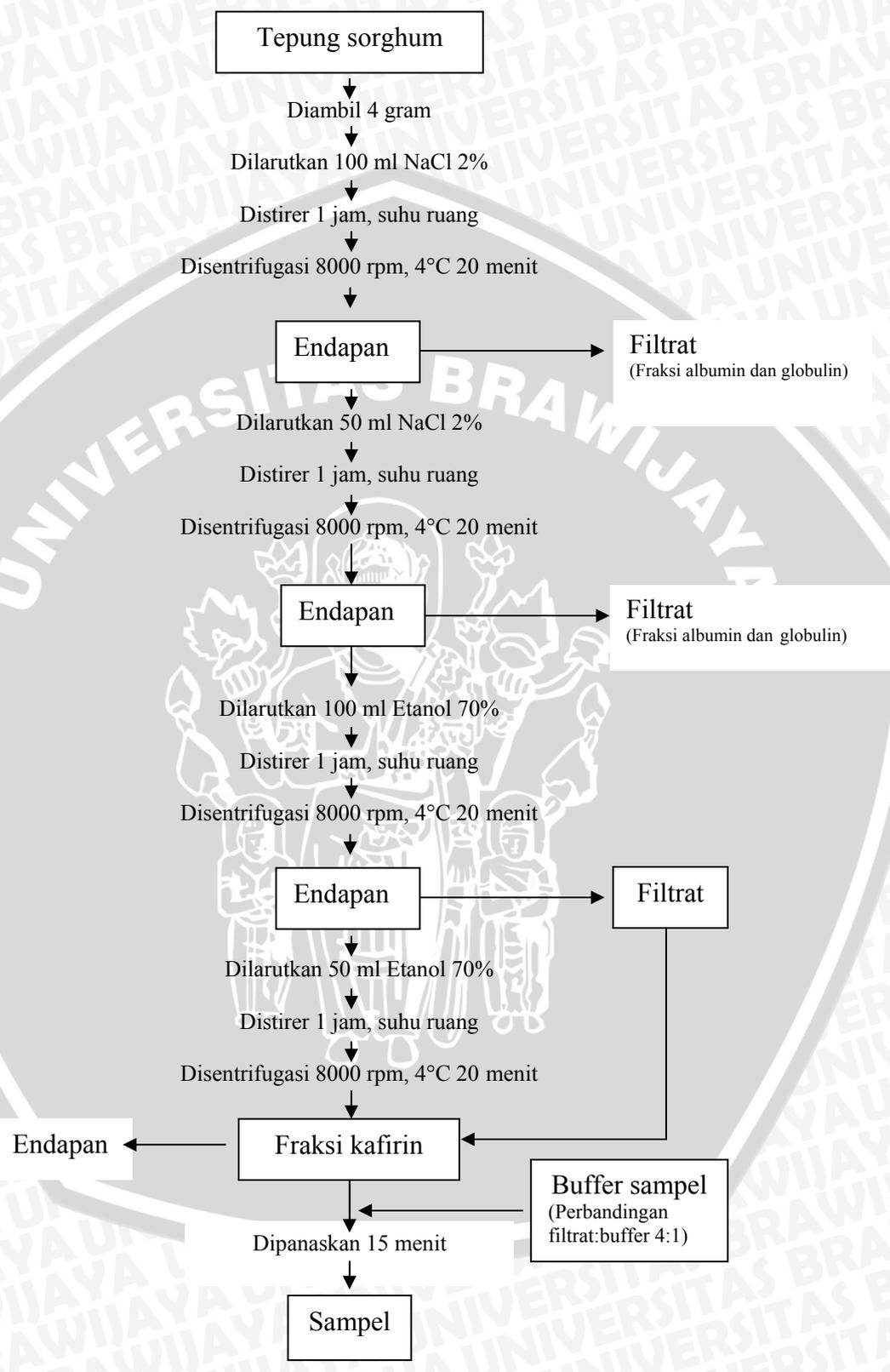
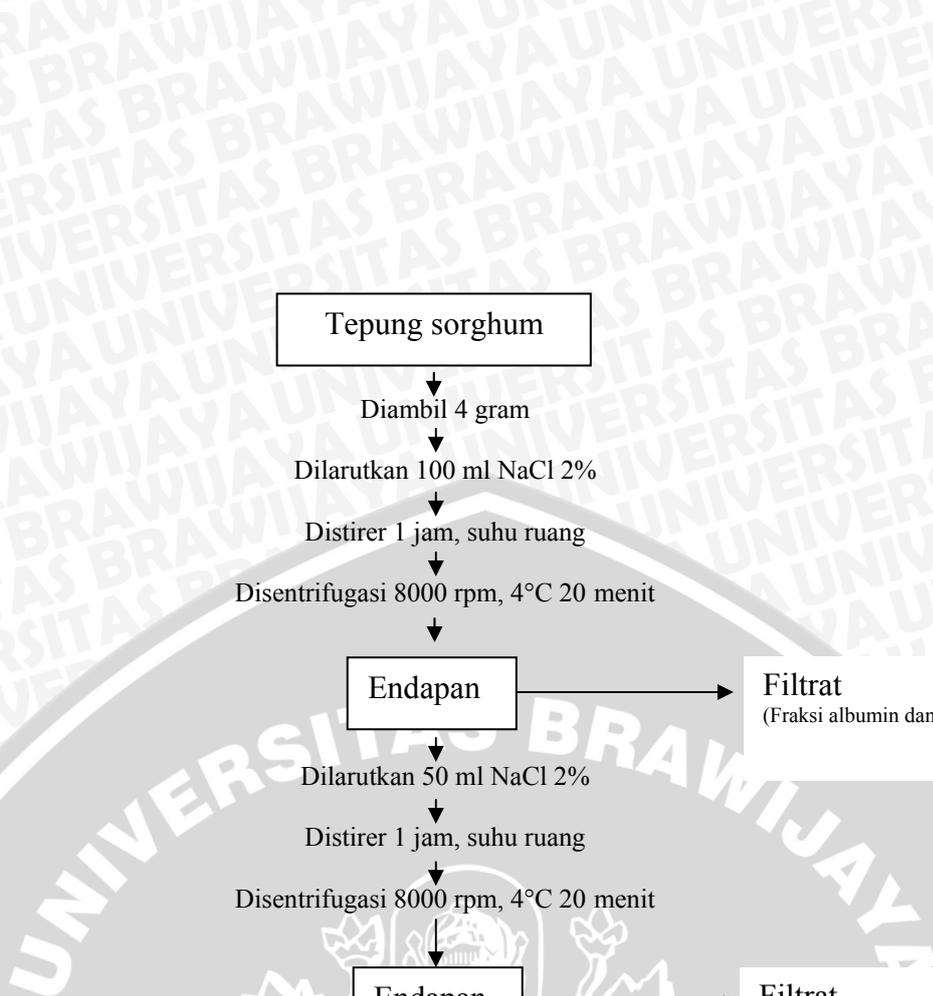




Gambar 6. Fraksinasi Protein Berdasarkan Kelarutannya Metode Osborne yang Dimodifikasi (Osborn, 1907 dalam Lookhard and Bean, 2000)

(*) Pelarut yang digunakan (secara berurutan) adalah :

1. NaCl 2 % (untuk melarutkan Albumin dan Globulin)
2. Etanol 70 % (untuk melarutkan Prolamin/kafirin)
3. Asam Asetat 0,1 M (untuk melarutkan Glutelin)
4. NaOH 0,1 M (untuk melarutkan Glutelin)



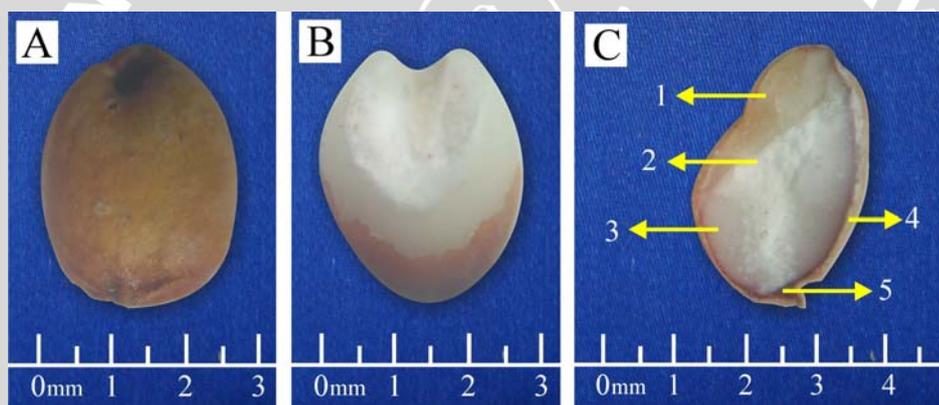
Gambar 7. Persipan Sampel Kafirin untuk Elektroforesis. Modifikasi Nakai dan Modler (2000)



IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Fisik Biji Sorghum

Sorghum yang digunakan sebagai bahan baku pada penelitian ini adalah sorghum coklat varietas lokal dan diperoleh di daerah Grati Pasuruan dalam kondisi masih bersekam. Seperti terlihat pada Gambar 8 sorghum yang diperoleh masih utuh dan memiliki lapisan berwarna coklat yang merupakan lapisan kulit atau sekam. Pada penelitian ini sekam dihilangkan dengan proses penyosohan.



Gambar 8. (A) Biji Sorghum Coklat Lokal Grati Pasuruan Sebelum Disosoh (B) Biji Sorghum Setelah Disosoh 4 Kali (C) Bagian-Bagian Sorghum, 1) *germ/lembaga*, 2) *endosperm*, 3) *corneous*, 4) *pericarp*, 5) *testa* (Perbesaran 400x).

Biji sorghum ini sebelum disosoh memiliki panjang 4,08 mm, lebar 2,83 mm dan tebal 2,22 mm. Sedangkan setelah disosoh memiliki panjang 3,81 mm, lebar 2,77 mm dan tebal 2,13 mm. Ini menunjukkan ukuran biji sorghum coklat relatif kecil dibandingkan ukuran biji sorghum pada umumnya yang menurut Laimeheriwa (1990) berdimensi 4 x 2,5 x 3,5 mm. Biji sorghum juga nampak bulat dengan bagian ujung terlihat lebih meruncing dibandingkan bagian

pangkalnya. Bila dibandingkan dengan bahan pangan lain seperti gandum, dimensi biji sorghum memiliki perberbedaan. Menurut Anonymous (2003) bentuk gandum oval dan bundar pada kedua ujungnya, dengan panjang 5 – 8 mm, lebar 2,5 – 4,5 mm. Bentuk biji sorghum ini juga lebih bulat bila dibandingkan dengan biji beras. Yadav and Jindal (2007) menyatakan bahwa bentuk biji beras adalah *spheric* atau silindris.

Biji sorghum sebelum diolah dihilangkan kulit atau sekamnya terlebih dulu, proses ini disebut penyosohan. Penyosohan dilakukan semaksimal mungkin untuk menghilangkan sekam dan juga lapisan testa. Di dalam testa ini terdapat pigmen dan tanin (Waniska, 2005) yang harus dihilangkan karena memiliki sifat antinutritif (dapat membentuk kompleks dengan makromolekul, pati dan protein) sehingga dapat menurunkan daya cerna sorghum (Awika, 2003).

Penyosohan sorghum pada penelitian ini diulang sebanyak 4 kali. Meskipun belum seluruh lapisan testa pada sorghum bisa dihilangkan, ini adalah penyosohan maksimal yang bisa dilakukan karena jika dilanjutkan biji sorghum menjadi hancur. Penyosohan dilakukan menggunakan penyosoh padi karena penyosoh khusus untuk sorghum masih belum ada. Pemilihan penyosoh padi karena secara fisik dimensi sorghum lebih mendekati dengan dimensi padi dibanding dengan kedelai atau biji yang lain. Selain itu ketersediaan alat penyosoh yang ada dan umum digunakan di masyarakat adalah penyosoh padi ini.

Pada Gambar 8 terlihat beberapa bagian dari biji sorghum setelah disosoh masih berwarna coklat. Hal ini dikarenakan adanya perbedaan spesifikasi alat sosoh padi dengan dimensi sorghum yang menyebabkan lapisan testa tidak dapat

hilang seluruhnya. Laimeheriwa (1990) menyatakan pada biji sorghum, diantara kulit biji dan daging biji dilapisi oleh lapisan testa dan aleuron. Lapisan testa termasuk pada bagian kulit biji dan lapisan aleuron termasuk pada bagian dari daging biji. Pada proses penyosohan/penggilingan, ikatan kulit biji dengan endosperm biji ini sulit dipisahkan.

Penyosohan 4x terhadap biji sorghum yang dilakukan menggunakan penyosoh padi menghasilkan dedak rata-rata 22,01 %. Yang termasuk ke dalam komponen dedak tersebut adalah bagian kulit luar (pericarp), lapisan testa dan juga *germ*/lembaga. Jumlah dedak ini sebenarnya terlalu tinggi, karena Awika *et al.*, (2003) melaporkan bahwa hasil dedak dari proses penyosohan sorghum berkisar antara 12-15%. Hal ini kemungkinan karena jenis penyosoh ataupun jenis sorghum yang digunakan berbeda.

Penyosohan menyebabkan bagian germ terkupas dan terikut dalam dedak, hal ini seperti terlihat pada Gambar 8 menyebabkan biji sorghum setelah disosoh memiliki cekungan/berlubang pada bagian atasnya. Sedangkan untuk lapisan testa pada sorghum hanya terkelupas bagian pangkal dan tersisa hampir setengahnya dibiji yang telah disosoh. Menurut Waniska (2005) lapisan testa tebal pada bagian dekat *crown area* dan tipis saat mendekati lembaga/*germ*. Beta *et al.*, (2000) menyatakan penggilingan sorghum bertanin merupakan tantangan, karena selama proses tersebut, tanin yang ada harus dapat dihilangkan sebanyak mungkin. Rancang mesin penyosoh yang khusus dan sesuai dengan dimensi biji sorghum masih diperlukan untuk bisa menyosoh sorghum lebih sempurna.

Gambar 8 juga menunjukkan irisan melintang biji sorghum dimana sorghum tersusun dari tiga bagian utama yakni bagian terluar atau kulit, bagian endosperm dan bagian lembaga. Waniska (2005) mengatakan biji sorghum tersusun oleh tiga komponen utama yaitu : pericarp (lapisan terluar), endosperma dan lembaga (*germ*), dengan distribusi beratnya adalah pericarp 6%, endosperma 84% dan *germ* 10%. Pericarp tersusun oleh tiga jaringan yaitu : epicarp, mesocarp, dan endocarp. Endosperm tersusun oleh lapisan *aleurone*, *peripheral*, *corneus* (area keras) dan *floury* (area lunak). Testa merupakan lapisan dibawah endocarp yang didalamnya terdapat pigmen dan tanin (Anonymous, 2004)

Sorghum yang telah disosoh kemudian dianalisa sifat fisiknya. Berikut ini merupakan tabel hasil analisis fisik biji sorghum sebelum disosoh dan setelah proses penyosohan.

Tabel 5. Hasil Rata-Rata Uji Fisik Biji Sorghum Sebelum Disosoh dan Setelah Disosoh

Uji	Sebelum Disosoh	Setelah Disosoh
Dimensi biji (mm)		
- panjang	4,08±0,16	3,81±0,61
- lebar	2,83±0,22	2,77±0,29
- tebal	2,22±0,10	2,13±0,21
Densitas kamba (g/ml)	0,71±0,6	0,866±0,10
Berat 1000 biji (g)	20,10±1,22	15,70± 0,46
Analisis warna		
- L	57,66±3,13	63,16±8,53
- a	13,24±0,49	13,04±1,81
- b	18,06±1,01	16,5±1,16
Hasil 4 kali penyosohan (%)		
- dedak		22,01±0,62
- endosperm		77,99±0,31

Dimensi sorghum setelah disosoh mengalami perubahan dimana panjang, lebar dan tebal biji menjadi berkurang. Hal ini terjadi karena selama penyosohan terdapat lapisan-lapisan pada biji yang terikuk dalam dedak. Menurut Acosta (2003) penyosohan menyebabkan hilangnya lapisan terluar biji meliputi pericarp, testa, aleuron dan lembaga. Seperti terlihat pada Tabel 5 panjang biji berkurang dari 4,08 mm menjadi 3,81 mm, lebar dari 2,83 mm menjadi 2,77 dan tebalnya berkurang dari 2,22 mm menjadi 2,13 mm.

Biji sorghum cukup ringan dilihat dari hasil densitas kamba dan berat 1000 biji. Berat sorghum juga lebih ringan dibanding bahan pangan lainnya dimana per 1000 biji, sorghum memiliki berat rata-rata 15,70 g. Sedangkan beras dan gandum menurut Anonymous (2003) berberat 25 g dan 27 – 48 g.

Warna tepung dari biji sorghum baik yang sebelum disosoh maupun yang telah disosoh berwarna kecoklatan. Dari nilai L (kecerahan) yaitu 57,66 untuk tepung biji sebelum disosoh dan 63,16 untuk tepung dari biji sosoh menunjukkan tidak begitu cerah. Warna tepung sorghum sebelum disosoh memiliki tingkat kecerahan yang lebih rendah karena pengaruh kulit/sekam sorghum yang berwarna coklat gelap. Sedangkan warna tepung biji setelah disosoh yang kecoklatan ini disebabkan adanya lapisan testa pada sorghum coklat. Di dalam testa tersebut terdapat tanin dan pigmen (Waniska, 2005). Menurut Awika (2003) umumnya tanin sorghum tidak dikehendaki, karena sifat antinutritifnya (dapat membentuk kompleks dengan makromolekul, pati dan protein, sehingga menurunkan daya cernanya). Sementara dari Gambar 8 dapat dilihat bahwa penyosohan yang dilakukan belum dapat menghilangkan lapisan testa tersebut

dengan sempurna, sehingga tepung yang dihasilkan cenderung berwarna kecoklatan.

4.2 Sifat Kimia

Analisa sifat kimia biji sorghum baik yang belum disosoh maupun yang telah disosoh tersaji dalam Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Analisa Sifat Kimia Biji Sorghum

Komponen	Sorghum Sebelum Disosoh (%)	Sorghum sosoh (%)
Kadar air	10,47±0,21	9,39±0,72
Kadar abu	1,74±0,14	0,43±0,10
Kadar serat	2,67±0,47	0,41±0,06
Kadar lemak	2,19±0,10	0,74±0,06
Kadar pati	70,57±0,55	78,18±1,81
Kadar gula reduksi	0,04±0,01	0,03±0,01
Kadar protein	11,78±0,33	10,26±0,28

Berdasarkan Tabel 6 kandungan utama pada biji sorghum adalah pati (menyusun lebih dari 70%). Kandungan pati tersebut sebanding dengan kadar pati beras yang menurut Direktorat Gizi Depkes RI (1992) sebesar 78,9% juga sebanding dengan biji jagung dengan porsi sebesar 72,4%. Kandungan pati yang tinggi menunjukkan biji sorghum ini berpotensi dikembangkan sebagai tanaman pangan.

Komponen terbanyak kedua yang terkandung dalam biji sorghum ini adalah protein (11,78% dan 10,26% untuk biji sebelum disosoh dan setelah disosoh). Penurunan kadar protein sorghum setelah sosoh disebabkan hilangnya lapisan pericarp atau kulit yang menurut Suliantri dan Rahayu (1990) menyumbang 6,7% dari total protein dalam sorghum. Kandungan protein yang

lebih dari 10% ini cukup menunjang sorghum sebagai bahan pangan maupun bahan baku industri. Kadar protein pada sorghum ini lebih besar dibanding kadar protein jagung yang ditulis oleh Polina (1995) sebesar 9,8%. Demikian juga jika dibandingkan dengan beras, kadar protein sorghum lebih tinggi daripada beberapa varietas beras Thai. Yadav and Jindal (2007) menyatakan bahwa kadar protein beras Thai berkisar antara 6,96-9,14% sedangkan Deepa *et al.*, (2007) menyatakan untuk beras IR 64 kadar proteinnya sebesar 7,95%.

Biji sorghum sosoh hanya mengandung sejumlah kecil lemak. Jumlah ini masih dibawah kandungan lemak jagung yakni sebesar 4,5% dan sebanding dengan kandungan lemak pada beras sebesar 0,75% (Soeranto, 2006). Kandungan lemak yang sangat kecil (0,74%) pada biji setelah disosoh dikarenakan selama penyosohan, bagian germ yang mengandung lemak cukup banyak hilang dan terikut dalam dedak. Menurut Rooney and Saldivar (2000) lembaga (*germ*) dan lapisan aleuron merupakan kontributor lemak, dan 80% lemak terdapat di lembaga.

Kandungan lemak yang cukup kecil sebenarnya menguntungkan karena dengan jumlah lemak yang kecil, kemungkinan kerusakan biji sosoh/tepung sorghum karena proses oksidasi lemak yang berakibat biji atau tepung apek menjadi lebih kecil. Polina (1995) menambahkan kandungan lemak yang kecil ini juga menguntungkan selama proses ekstrusi karena lemak dan pati akan membentuk struktur baru, yaitu kompleks antara amilosa asam oleat yang dapat menghambat pengembangan produk ekstrusi.

Kadar serat sorghum sosoh memiliki nilai yang kecil yakni 0,41%. Terdapat penurunan dibandingkan kadar serat sorghum sebelum disosoh yang sebesar 2,67%. Hal ini dikarenakan hilangnya lapisan terluar/pericarp sorghum yang terikut dalam dedak dimana menurut Anonymous (2006) bagian pericarp dan dinding sel endosperma sorghum mengandung kandungan serat kasar terbesar sorghum.

Pada Tabel 6 juga diketahui bahwa sorghum ini memiliki kandungan abu sebesar 1,74% pada biji sorghum sebelum disosoh dan 0,43 % pada sorghum sosoh. Kadar abu menggambarkan jumlah mineral pada bahan. Acosta (2003) menyatakan proses penyosohan menurunkan kandungan lemak dan mineral karena hilangnya bagian pericarp dan lembaga. Menurut Awadalkareem (2008), mineral pada sorghum terdiri atas Cu 0,41 mg/100g, Ca 2,43 mg/100g, Fe 15,54 mg/100g, P 263,3 mg/100g, Na 6,18 mg/100g dan K 255,23 mg/100g.

4.3 Identifikasi Fraksi Protein Biji Sorghum

Untuk identifikasi fraksi dalam protein sorghum, dilakukan fraksinasi yang membedakan fraksi-fraksi protein berdasarkan kelarutannya. Pada penelitian ini digunakan metode fraksinasi Osborne yang dimodifikasi (Gambar 6). Didalam metode Osborne, albumin adalah protein yang larut dalam air, globulin larut dalam larutan garam encer tapi tidak larut air, prolamin larut dalam alkohol tapi tidak larut air atau larutan garam, dan glutelin larut dalam asam atau basa tapi tidak larut dalam alkohol, air ataupun garam. Identifikasi fraksi protein sorghum

memiliki nilai sangat penting karena kualitas protein dari sorghum berhubungan erat dengan distribusi fraksi-fraksi protein di dalam biji.

Hasil identifikasi fraksi protein menunjukkan bahwa protein sorghum didominasi oleh fraksi kafirin yaitu sebesar 69,72%. Hasil penelitian Belton (2005) menunjukkan bahwa kafirin juga merupakan protein dominan pada sorghum dan secara struktur mirip dengan zein, protein jagung. Sebelumnya Duodu *et al.* (2003) juga menyatakan bahwa kafirin yang berada di bagian *starchy* endosperm biji sorghum menyusun sekitar 70% dari total protein sorghum. Hasil lengkap fraksinasi protein disajikan pada Tabel 7 berikut:

Tabel 7. Hasil Identifikasi Fraksi Protein Sorghum (%)

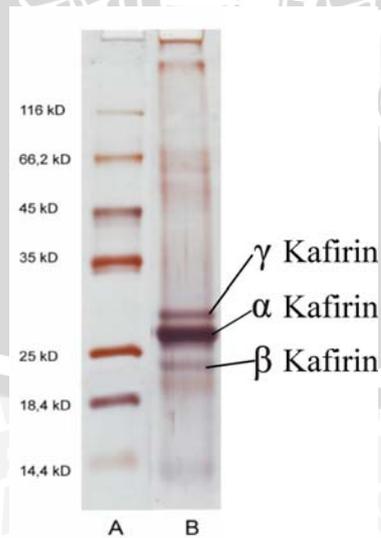
Fraksi	Nilai
Albumin	13,83±0,97
Globulin	1,29±0,09
Kafirin	69,72±0,47
Glutelin	15,16±0,50

Berdasarkan Tabel 7 fraksi glutelin merupakan penyusun terbanyak kedua setelah kafirin yakni 15,16%. Hasil penelitian Taylor and Schussler (1986) juga menunjukkan bahwa glutelin merupakan protein terbanyak kedua setelah kafirin. Bila dibandingkan dengan kandungan glutelin sorghum sebelum disosoh, kandungan glutelin sorghum setelah disosoh ini lebih kecil. Menurut Taylor *et al.*, (1984) kandungan glutelin biji sorghum sebelum disosoh mendekati 30%. Berkurangnya kandungan glutelin setelah disosoh ini disebabkan karena hilangnya lapisan pericarp dan lembaga sorghum saat proses penyosohan. Menurut Fombang (2005) lapisan pericarp dan lembaga menyumbang 25,8% dari total glutelin biji utuh sorghum.

Tingginya kadar kafirin pada sorghum menyebabkan rendahnya mutu tepung sorghum sehingga nilai gizinya relatif rendah. Hal ini karena protein sorghum mengandung lebih banyak ikatan silang disulfid dibanding jagung dan millet (Hamaker *et al*, 1987). Banyaknya ikatan inter dan intra disulfid kafirin pada sorghum ini menyebabkan resistensi kafirin terhadap pepsin sehingga daya cerna protein sorghum menjadi rendah (Woo *et al*, 2004).

4.4 Berat Molekul Fraksi Protein Kafirin

Salah satu cara yang digunakan untuk mengetahui berat molekul fraksi protein, terutama pada penelitian ini adalah kafirin adalah elektroforesis. Metode yang digunakan adalah SDS-PAGE (*Sodium Dodecyl Sulphate-Polyacrylamide Gel Elektroforesis*) (Lampiran 13). Menurut Lookhard *and* Bean (2000) metode SDS PAGE merupakan metode elektroforesis yang paling sesuai digunakan untuk penentuan berat molekul dan juga identifikasi jenis protein serta memiliki sensitifitas tinggi dalam penentuan berat molekul protein.



Gambar 9. Hasil Elektroforesis (Elektroforegram) Kafirin. (A) Marker (B) Sampel Fraksi Kafirin

Pada Gambar 9 terlihat hasil elektrofotesis (elektroforegram) fraksi protein kafirin terdapat 3 band. Dari perhitungan didapatkan berat molekul (BM) band-band tersebut adalah 21,96; 26,56 dan 29,21 kDa (Lampiran 17). Menurut Shull *et al.* (1991) kafirin dapat diklasifikasikan menjadi α kafirin dengan BM 24 kDa dan 26 kDa, β kafirin dengan BM 20 kDa, 18 kDa dan 16 kDa serta γ kafirin dengan BM 28 kDa. Dengan demikian band yang tunjukkan pada Gambar 9 masing-masing adalah β kafirin, α kafirin dan γ kafirin, dan nampak bahwa band yang menunjukkan α kafirin paling tebal. Ini berarti kafirin sorghum coklat pada penelitian ini, didominasi oleh α kafirin. Oria (2007) menyatakan α kafirin merupakan fraksi protein yang didominasi oleh asam amino jenis sistein dan 80% terdapat pada endosperma biji. Dengan BM 26,59 kDa dan ikatan disulfid yang tinggi, α kafirin merupakan prolamin jenis LMW (Low Molecular Weight) S-rich prolamin. Dengan kandungan ikatan disulfid yang tinggi, α kafirin memiliki kecenderungan sebagai fraksi protein dengan bioavailabilitas yang rendah, sehingga perlu proses pengolahan lebih lanjut untuk mendapatkan nilai cerna yang tinggi dari protein ini.

4.5 Karakteristik Ekstrudat Sorghum

4.5.1 Sifat Kimia

Gambar ekstrudat sorghum, ekstrudat beras dan ekstrudat jagung dapat dilihat pada Gambar 10



Gambar 10. (a) Ekstrudat sorghum, (b) Ekstrudat beras, (c) Ekstrudat jagung

Parameter utama dalam analisis kimia ekstrudat sorghum ini meliputi kadar air, kadar abu, kadar lemak, kadar serat, kadar pati, kadar gula reduksi dan kadar protein. Hasil analisis kimia ekstrudat sorghum dapat dilihat pada Tabel 8

Tabel 8. Hasil Analisis Sifat Kimia Ekstrudat Sorghum Coklat

Parameter	Sorghum Sosoh (%)	Ekstrudat sorghum (%)
Kadar air	9,39±0,72	6,74±0,55
Kadar abu	0,43±0,10	0,47±0,08
Kadar serat	0,41±0,06	1,35±0,09
Kadar lemak	0,74±0,06	0,54±0,05
Kadar pati	78,18±1,81	74,37±1,77
Kadar gula reduksi	0,03±0,01	7,29±0,07
Kadar protein	10,26±0,28	6,77±0,9

Tabel 8 diatas menunjukkan bahwa kadar air sorghum sosoh mengalami penurunan setelah diekstrusi, yakni dari 9,39% menjadi 6,74%. Penggunaan suhu tinggi selama ekstrusi menyebabkan penguapan air yang sangat besar sehingga menurunkan kandungan air bahan. SNI 01-2886-92 mensyaratkan kadar air makanan ekstrudat maksimal sebesar 4%. Wulandari (1997) menyatakan tingginya kadar air produk ekstrusi biasanya dapat diturunkan dengan proses pengeringan sebelum dilakukan pelapisan perasa (*coating*).

Kadar lemak sorghum turun dari 0,74% menjadi 0,54% setelah proses ekstrusi. Hal tersebut sesuai dengan Ruiz (2008) yang menyatakan bahwa

temperatur dan kecepatan ulir yang tinggi selama proses ekstrusi dapat menyebabkan degradasi lemak. Selain itu Mercier dan Feillet (1975) dalam Polina (1995) juga menyebutkan selama proses ekstrusi, lemak bersama pati akan membentuk struktur baru, yaitu kompleks antara amilosa dan asam oleat sehingga menyebabkan kadar lemak turun.

Hasil analisis juga menunjukkan bahwa terjadi penurunan kadar pati dari 78,18% menjadi 74,37% disertai dengan kenaikan kadar gula reduksi dari 0,03% menjadi 7,29%. Hal ini disebabkan selama proses ekstrusi terjadi degradasi pati akibat perlakuan panas dan tekanan tinggi menjadi senyawa-senyawa yang lebih sederhana. Ruiz (2003) menyatakan bahwa terjadi degradasi molekular pada pati selama proses pemanasan, kecepatan tinggi pada ulir, dan tekanan tinggi selama proses ekstrusi yang dapat memproduksi senyawa dengan berat molekul yang lebih rendah.

Hal yang sama juga terjadi pada kandungan protein sorghum dimana setelah ekstrusi menunjukkan adanya penurunan dari 10,26% menjadi 6,77%. Oktavia (2007) menyebutkan meskipun ada suhu dan tekanan yang tinggi dalam ekstruder yang mengakibatkan ikatan intramolekul pada protein pecah (protein terdenaturasi), akan tetapi unit-unit protein masih memiliki ikatan peptida yang teranalisa sebagai nilai N total/protein. Sehingga seharusnya jumlah protein tidak mengalami perubahan setelah proses ekstrusi. Adanya penurunan protein setelah ekstrusi kemungkinan disebabkan saat proses ekstrusi protein berinteraksi dan berikatan dengan makromolekul lain (amilosa atau asam lemak) sehingga membentuk struktur baru yang tidak teranalisa sebagai protein.

Kandungan abu mengindikasikan adanya kandungan mineral dalam bahan. Kadar abu selama proses ekstrusi tidak mengalami perubahan. Hal tersebut juga sesuai dengan Diaz (2003) yang melaporkan bahwa tidak ada perubahan kadar abu antara bahan dan hasil ekstrusi. Hal ini dikarenakan komponen mineral tahan terhadap suhu tinggi, tekanan tinggi dan gaya mekanik pada proses ekstrusi. Di sisi lain, kadar serat mengalami kenaikan dari 0,41% menjadi 1,35%. Fenomena kenaikan kandungan serat akibat ekstrusi dituliskan oleh Wang *et al.*, (1993) yang menyatakan proses ekstrusi mengakibatkan kenaikan serat terlarut pada gandum. Rabe (1999) menambahkan bahwa serat terlarut dan serat tidak terlarut akan terkumpul kembali setelah proses ekstrusi, dengan mekanisme transformasi secara termomekanik yang akan dapat dianalisis proksimat sebagai kadar serat.

Berikut merupakan perbandingan sifat kimia ekstrudat sorghum dibandingkan dengan ekstrudat jagung dan beras:

Tabel 9. Perbandingan Sifat Kimia Ekstrudat Sorghum, Jagung dan Beras

Parameter	Ekstrudat Sorghum (%)	Ekstrudat Jagung (%)	Ekstrudat Beras (%)
Kadar air	6,74±0,55	7,18±0,31	6,90±0,20
Kadar abu	0,47±0,08	0,84±0,03	0,47±0,04
Kadar serat	1,35±0,09	1,22±0,02	1,70±0,20
Kadar lemak	0,54±0,05	0,51±0,03	0,18±0,02
Kadar pati	74,37±1,77	76,03±1,36	80,22±0,34
Kadar gula red.	7,29±0,07	7,18±0,18	7,65±0,27
Kadar protein	6,77±0,9	6,09±0,23	3,36±0,23

Dari Tabel 9 terlihat kadar pati ekstrudat sorghum lebih rendah (74,37%) daripada ekstrudat jagung dan beras (76,03% dan 80,22%). Hal ini dikarenakan kondisi kadar pati awal bahan baku, yakni kandungan pati sorghum lebih rendah dari jagung dan beras. Kandungan pati ini berkaitan dengan pengembangan

ekstrudat terutama rasio amilosa dan amilopektin dalam pati. Muchtadi, dkk (1988) menyatakan produk ekstrusi yang berasal dari bahan dengan kandungan amilosa yang tinggi akan bersifat porous, kering dan renyah. Sebaliknya bahan dengan kandungan amilopektin tinggi cenderung menghasilkan produk yang keras, pejal, karena proses mekar hanya terjadi secara terbatas.

Kadar protein ekstrudat sorghum paling tinggi diantara ekstrudat jagung dan ekstrudat beras. Hal ini disebabkan kondisi bahan baku ekstrusi dimana kadar protein sorghum lebih besar daripada jagung dan beras. Kadar protein ekstrudat ketiga bahan baku tersebut sebanding dengan kadar protein awal bahan baku. Kadar protein ekstrudat ini juga berkaitan erat dengan pengembangan ekstrudat. Polina (1995) menyatakan semakin tinggi kandungan proteinnya maka derajat pengembangan ekstrudat semakin kecil. Dapat dilihat pada Tabel 9 dimana dengan kandungan protein paling tinggi, ekstrudat sorghum memiliki derajat pengembangan paling kecil diantara ekstrudat beras dan jagung.

Kadar lemak ekstrudat sorghum (0,58%) lebih tinggi dari ekstrudat jagung (0,55%) akan tetapi masih lebih rendah dari ekstrudat beras (0,62%). Kondisi demikian merupakan kondisi yang menguntungkan, karena dengan kadar lemak yang kecil, kerusakan akibat oksidasi lemak yang berakibat sorghum menjadi apek lebih kecil. Dengan proporsi kadar lemak demikian ekstrudat sorghum memiliki tingkat ketengikan yang lebih rendah daripada ekstrudat beras dalam kondisi penyimpanan yang sama. SNI 01-2886-1992 menetapkan batas maksimal kadar lemak untuk makanan ringan ekstrudat 30%.

Kandungan abu mengindikasikan adanya kandungan mineral dalam bahan tersebut. Kadar abu selama proses ekstrusi tidak mengalami perubahan. Kadar abu ekstrudat jagung lebih besar daripada ekstrudat sorghum dan beras mengindikasikan mineral pada jagung lebih tinggi daripada sorghum dan beras. Hal tersebut dikarenakan pada sumber mineral pada biji-bijian terletak pada daerah kulit dan periperal biji. Pada sorghum dan beras telah mengalami proses penyosohan sehingga mineral yang terkandung dalam kulit dan periperal biji semakin berkurang. Sedangkan pada jagung tidak dilakukan proses penyosohan. Menurut Awadalkareem (2008), lapisan terluar pada sereal (dedak) merupakan sumber mineral terbesar pada biji tersebut.

Kadar serat pada ekstrudat beras berturut-turut lebih besar daripada ekstrudat sorghum dan ekstrudat jagung. Hal tersebut sebanding dengan kandungan serat awal bahan baku ekstrudat. Kenaikan kadar serat pada ekstrudat ini diungkapkan oleh Rabe (1999) karena setelah proses ekstrusi, serat terlarut dan serat tidak terlarut akan terkumpul kembali, dengan mekanisme transformasi secara termomekanik yang akan dapat dianalisis proksimat sebagai kadar serat.

4.5.2 Sifat Fisik

Rasio pengembangan dan densitas kamba merupakan parameter fisik paling penting karena berhubungan dengan sifat-sifat produk ekstrusi seperti pengembangan dan kerenyahan (Ali *et al.*, 1996 dalam Acosta, 2003). Densitas kamba menunjukkan nilai berlawanan dengan rasio pengembangan ekstrudat, semakin tinggi densitas kamba produk maka makin rendah rasio pengembangan

produk, demikian juga sebaliknya. Secara lengkap parameter fisik dari ekstrudat sorghum dibandingkan ekstrudat beras dan jagung tersaji pada Tabel 10

Tabel 10. Hasil Rata-Rata Analisis Fisik Ekstrudat Sorghum, Beras dan Jagung

Parameter	Ekstrudat Sorghum	Ekstrudat Beras	Ekstrudat Jagung
Rasio Pengembangan (%)	269,32±20,02	335,54±7,60	406,18±15,30
Densitas Kamba (g/l)	404,89±0,66	351,26±2,43	294,33±1,14
Tekstur (mm/g.s)	0,08±0,01	0,10±0,04	0,10±0,01
Warna			
- L	52,16±2,25	64,45±2,74	66,57±2,30
- a*	13,04±1,82	23,12±2,70	17,77±3,17
- b*	16,5±0,53	22,76±1,69	31,30±1,22

Tabel 10 menunjukkan bahwa ekstrudat sorghum memiliki densitas kamba yang paling besar (404,89 g/l) bila dibandingkan dengan ekstrudat beras dan jagung (351,26 dan 294,33 g/l). Sedangkan rasio pengembangannya paling kecil (269,32%) bila dibandingkan dengan ekstrudat beras dan jagung (335,54 dan 406,18%). Hal tersebut dikarenakan pengembangan pada produk ekstrudat dipengaruhi oleh kandungan pati dan protein, dimana sorghum memiliki kandungan protein yang lebih besar dan kandungan pati yang lebih kecil jika dibandingkan dengan beras dan jagung sehingga menyebabkan rasio pengembangannya paling rendah. Hal ini menurut Rasulu (2004) dikarenakan sifat protein adalah mengikat pati sehingga produk tidak bisa mengembang dengan sempurna. Pengembangan ekstrudat sorghum juga dipengaruhi oleh banyaknya kafirin pada sorghum (Tabel 7). Ikatan disulfid yang terkandung didalam kafirin merupakan ikatan yang sangat kuat. Menurut Zhang and Hamaker

(2008) ikatan disulfid menghubungkan asam-asam amino dalam protein sorghum. Dengan adanya ikatan disulfid ini dapat memperkuat struktur dari matrik protein pada sorghum sehingga menyebabkan selama ekstrusi pengembangan ekstrudat menjadi tertahan dan rasio pengembangannya lebih rendah dibanding ekstrudat yang lain.

Pengaruh kandungan pati terhadap ekstrudat dinyatakan oleh Sulka (1995) bahwa derajat pengembangan dipengaruhi oleh jumlah pati yang terdapat di dalam bahan baku. Jumlah pati tersebut erat hubungannya dengan jumlah pati yang tergelatinisasi. Derajat gelatinisasi yang semakin tinggi diikuti dengan derajat pengembangan yang semakin tinggi. Damardjati dan Widiowati (1994) menambahkan komponen pati yang berperan terhadap pengembangan (*puffing*) adalah amilosa. Struktur amilosa yang kurang kompak dan kurang kuat dalam menahan pengembangan massa selama pemanasan, akan menyebabkan rongga udara disekitarnya semakin besar dan strukturnya semakin renggang.

Kandungan protein dan pati yang tinggi ini pula yang menyebabkan ekstrudat sorghum memiliki tekstur yang lebih keras dibanding ekstrudat yang lain. Hal ini ditunjukkan dengan nilai tekstur/penetrasi ekstrudat sorghum yang kecil (0,08 mm/g.s) dibandingkan dengan ekstrudat beras dan jagung (0,10 mm/g.s). Yuwono dan Susanto (1998) menyatakan prinsip pengujian penetrasi adalah memberikan beban pada sampel, lalu mengukur kedalaman penetrasi beban kedalam bahan. Semakin lunak bahan, semakin dalam beban dapat menembus bahan. Hal tersebut menghasilkan nilai tekstur/penetrasi semakin besar. Begitupula sebaliknya apabila sampel semakin keras, semakin dangkal

beban dapat menembus bahan. Ini menghasilkan nilai tekstur/penetrasi yang semakin kecil.

Dari Tabel 10 juga dapat terlihat ekstrudat sorghum memiliki nilai L (kecerahan) paling rendah (52,15) dibanding nilai kecerahan ekstrudat beras dan jagung yang sebesar 64,45 dan 66,57. Hal ini berarti ekstrudat sorghum memiliki warna lebih gelap dibandingkan produk ekstrudat jagung dan beras. Secara fisik juga terlihat ekstrudat sorghum berwarna coklat sedangkan ekstrudat beras dan jagung berwarna putih dan kuning terang (Gambar 10). Perbedaan warna ini sangat berhubungan dengan kondisi bahan yang diekstrusi. Warna coklat pada ekstrudat sorghum disebabkan oleh testa yang masih terdapat pada biji sorghum yang tidak mampu dihilangkan pada proses penyosohan sorghum. Waniska (2005) menyatakan di dalam testa tersebut terdapat tanin dan pigmen (antosianin).

4.5.3 Identifikasi Fraksi Protein Ekstrudat

Identifikasi fraksi protein ekstrudat sorghum dilakukan menggunakan metode yang sama dengan identifikasi fraksi protein biji sorghum. Hasil identifikasi fraksi protein ekstrudat sorghum dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Perbandingan Hasil Identifikasi Fraksi Protein Sorghum Sosoh dan Ekstrudat Sorghum

Fraksi	Sorghum Setelah Disosoh (%)	Ekstrudat Sorghum (%)
Albumin	13,83±0,97	13,59±0,42
Globulin	1,29±0,09	3,81±0,27
Kafirin	69,72±0,47	39,22±1,29
Glutelin	15,16±0,50	43,37±1,48

Tabel 11 menunjukkan bahwa setelah mengalami proses ekstrusi, jumlah kafirin sebagai fraksi terbesar pada protein sorghum mengalami penurunan dari

69,72% menjadi 39,22%. Hal ini kemungkinan karena selama proses ekstrusi terjadi kerusakan struktur protein yang menyebabkan putusannya ikatan disulfid sebagai penyusun utama kafirin pada sorghum. Hamaker *et al.*, (1994) menyatakan proses panas selama ekstrusi dapat menyebabkan kerusakan pada struktur protein, yang memungkinkan terputusnya ikatan disulfid dan ikatan-ikatan lainnya. Hal yang sama juga diungkapkan oleh Camire (2002) dimana selama ekstrusi, denaturalisasi menyebabkan terpecahnya ikatan hidrogen dan ikatan disulfid sebagai penyusun struktur protein sekunder dan tersier. Hal ini memudahkan bagi enzim pencernaan untuk lebih mencerna α -kafirin pada protein sehingga daya cernanya meningkat.

Penurunan fraksi protein kafirin setelah proses ekstrusi diikuti juga dengan kenaikan jumlah fraksi lain. Seperti terlihat pada Tabel 11 peningkatan terjadi pada jumlah glutelin yakni dari 15,16% menjadi 43,37%. Sedangkan fraksi protein lain mengalami peningkatan ataupun penurunan tapi tidak dalam jumlah yang besar. Mekanisme perubahan komposisi fraksi selain kafirin setelah proses ekstrusi ini masih belum diketahui secara pasti. Namun menurut Polina (1995) protein yang terdenaturasi akan berubah atau berkurang sifat kelarutannya sehingga cenderung untuk menggumpal dan membentuk agregat. Perubahan kelarutan protein ini bisa jadi merupakan salah satu penyebab peningkatan atau penurunan fraksi protein karena memungkinkan fraksi protein yang satu terlarut pada fraksi protein yang lain sehingga persentasenya berubah.

Bila dibandingkan dengan fraksi protein sorghum dengan ekstrudat jagung, jumlah prolamin pada ekstrudat sorghum (kafirin) menunjukkan hasil

yang tidak jauh beda dengan prolamin pada ekstrudat jagung (zein) yakni 39,22% dan 38,92. Perbandingan jumlah fraksi protein ekstrudat sorghum dengan ekstrudat yang lain, seperti ekstrudat jagung tersaji pada Tabel 12.

Tabel 12. Perbandingan Fraksi-Fraksi Protein Ekstrudat Sorghum dan Ekstrudat Jagung

Fraksi	Ekstrudat Sorghum (%)	Ekstrudat Jagung (%)
Albumin	13,59±0,42	16,24±0,17
Globulin	3,81±0,27	0,01±0,002
Kafirin	39,22±1,29	38,96±0,49
Glutelin	43,37±1,48	44,79±2,63

Namun demikian, hasil yang diperoleh ini berbeda dengan teori. Menurut Fombang (2005) kafirin (prolamin pada sorghum) dan zein (prolamin pada jagung) memiliki jumlah yang jauh berbeda. Pada biji sebelum diekstrusi, kafirin berjumlah 68-73% dari total protein sedangkan zein sebesar 50-56% dari total protein.

V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sorghum coklat lokal Grati Pasuruan memiliki dimensi panjang 3,81 mm, lebar 2,77 mm dan tebal 2,13 mm dengan berat per 1000 biji sebesar 15,7 g dan densitas kamba 0,866 g/ml. Setelah disosoh dimensinya berubah. Panjang biji menjadi 3,81 mm, lebar menjadi 2,77 dan tebalnya menjadi 2,13 mm dengan berat per 1000 biji 20,10 g, densitas kamba 0,71 g/ml dan rendemen sosoh 77,99%. Dari analisis proksimat sorghum diperoleh kadar air 9,39%, abu 0,43%, serat 0,41%, lemak 0,74%, pati 78,18%, gula reduksi 0,03% dan protein 10,26%.

Hasil fraksinasi protein sorghum menghasilkan fraksi kafirin 69,72%, albumin 13,83%, globulin 1,29%, dan glutelin 15,16%. Kafirin tersusun dari 3 fraksi yakni α kafirin, β kafirin, γ kafirin dengan berat molekul masing-masing 21,96 kDa; 26,56 kDa dan 29,21 kDa.

Setelah melalui proses ekstrusi terlihat ekstrudat sorghum coklat lokal Grati Pasuruan memiliki rasio pengembangan paling kecil (269,32%) dibanding ekstrudat jagung dan beras (335,54% dan 406,18%). Selain itu ekstrudat sorghum ini memiliki kenampakan yang lebih gelap ($L=52,16$) dibanding ekstrudat beras dan jagung ($L=64,45$ dan $66,57$). Beberapa komponen kimia setelah diekstrusi mengalami penurunan yakni kadar air menjadi 6,74%, lemak 0,54%, pati 74,37% dan protein 6,77%. Sedangkan yang mengalami kenaikan adalah kadar abu menjadi 0,47%, serat 1,35% dan gula reduksi 6,77%. Komposisi fraksi protein

juga mengalami perubahan. Kafirin yang merupakan fraksi terbesar mengalami penurunan menjadi 39,22%.

5.2 Saran

Proses ekstrusi pada sorghum coklat lokal Grati Pasuruan memiliki pengaruh positif yaitu dapat mengurangi kadar kafirin yang merupakan penyebab rendahnya mutu tepung sorghum itu sendiri. Namun belum diketahui bagaimana metode ekstrusi yang tepat untuk menurunkan kafirin secara optimal. Selain itu dilihat dari karakteristik fisiknya, ekstrudat sorghum coklat lokal Grati Pasuruan masih memiliki kekurangan yakni penampakkannya yang kurang baik (gelap) dan rasio pengembangannya yang rendah. Oleh karena itu perlu dilakukan kajian lebih lanjut mengenai metode ekstrusi yang tepat untuk mengurangi kadar kafirin secara optimal serta mengkombinasikan sorghum dengan bahan lain sebagai bahan baku ekstrusi sehingga dihasilkan ekstrudat yang memiliki karakteristik fisik yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

Acosta, D.S. 2003 **White Food-Type Sorghum In Direct-Expansion Extrusion Applications**. Thesis. Texas A&M University

Anonymous, 1993. **Subpart I-United States Standards for Sorghum**. <http://.ch-non-food.com/sorghum%20US.PDF>. Tgl akses 24 Desember 2008

_____, 2007^a. **A Healthy Sorghum plant (*Sorghum bicolor*) growing in fertile**

Soil. <http://images.google.co.id/imgres?imgurl=http://www.plantzafrica.com/plantqrs/plimagesqrs/sorghum1.jpg&imgrefurl=http://www.plantzafrica.com/plantqrs/sorghum.htm&h=311&w=247&sz=20&hl=id&start=6&tbid=FBhgVhwt7bc1M:&tbnh=117&tbnw=93&prev=/images%3Fq%3Dsorghum%2Bbicolor%26gbv%3D2%26svnum%3D10%26hl%3Did%26sa%3DG>. Tgl akses 24 Desember 2008

_____, 2007^b. **Sorghum bicolor in Classification**.

<http://images.google.co.id/imgres?imgurl=http://waynesword.palomar.edu/images/sorghu4b.jpg&imgrefurl=http://waynesword.palomar.edu/ecop/h12.htm&h=405&w=536&sz=66&hl=id&start=7&tbnid=szaX1idbGls9M:&tbnh=100&tbnw=132&prev=/images%3Fq%3Dsorghum%2Bbicolor%26gbv%3D2%26svnum%3D10%26hl%3Did%26sa%3DG>. Tgl Akses 24 Desember 2008

_____, 2007^c. **Sorghum Handbook**. http://72.14.235.104/search?q=cache:wkhgDpv7tyIJ:www.grains.org/galleries/technical/publication/sorghum_handbook.pdf17white+sorghum&hl. Tgl akses 13 Januari 2009

_____, 2008^a. **Sorghum**. <http://www.cgiar.org/impact/research.html>
Research & Impact: Areas of Research: Sorghum. Tgl akses 13 Januari 2009

_____, 2008^b. **Sorghum Diminati Banyak Negara**. <http://www.pikiran-rakyat.com/cetak/2005/0205/24/0316.htm>. Tgl akses 13 Januari 2009

Ahza, B.A. 1996. **Pengenalan Bahan Baku dan Bahan Tambahan untuk Produk Ekstrusi, Bakery dan Penggorengan**. Kerjasama Pusat Studi Pangan dan Gizi IPB dengan Kantor Menteri Negara Urusan Pangan. Bekasi

Ali, Y., Hanna, M.A. and Chinnaswamy, R. 1996. **Expansion Characteristics Of Extruded Corn Grits**. *Lebensm. Wiss. u. Technol.*, 29(8): 702-707

- Awika, J.M., Rooney L.W., Wu X.L., Prior R.L., and Cisneros L.. 2003. **Antioxidant Properties of Sorghum Measured by Three Methods**. In J. A. Dahlberg, R. Kochenower, R. Klein, B. Rooney, S. Bean, B.Pendleton, J. Stack, and B. Maunder (eds.) **Proc. 23rd Biennial Grain Sorghum Research and Utilization Conference**, p. 34. Albuquerque, New Mexico, U.S.
- Beta, T., Rooney L. W., and Taylor J.R.N. 2000. **Effect Of Chemical Conditioning On The Milling Of High-Tannin Sorghum**. *J. Sci. Food Agric* 80:2216-2222.
- Belton, P.S. 2005. **Sorghum And Millets: Protein Sources For Africa**. *J. Agric. Food Chem.* 53: 306-312.
- Beta, T., Rooney L.W., Marovatsanga L.T. and Taylor J.R.N. 2000. **Effect of Chemical Conditioning on The Milling High Tannin Sorghum**. *J. Sci. Food Agric.* 80;2216-2222
- Camire, M. E. 2002. **Chemical And Nutritional Changes In Food During Extrusion**. In M. N. Riaz (Ed.), *Extruders in food applications* (pp. 127e148). Boca Raton, FL: CRC Press
- Colas, A. 1994. **Defining Flour Quality According to Use**. In B. Godon and C. Williem (Eds.). *Primary Cereal Processing*. VCR, USA. p.452–517.
- Copeland, R.A. 1994. **Methods for Protein Analysis**. Chapman and Hall. New York
- Damardjati, D.S, danWidiowati S.. 1994. **Pemanfaatan Ubi Jalar Dalam Program Diversifikasi Guna Mensukseskan Swasembada Pangan**. Dalam Edisi Khusus Jurnal Balitan Malang No.3
- Deepa. S, Shailasree S, Kini KR, Kumudini BS and Shetty HS. 2007. **Accumulation Of Hydroxyproline-Rich Glycoproteins In Pearl Millet Seedlings In Response To *Sclerospora Graminicola* Infection**. *Plant Science* 167:1227–1234.
- Diaz, A., Maranphal N., Silva L., Dahlberg J. A., Kochenower R., Klein R., Rooney B., Bean S., Pendleton B., Stack J., and Maunder B. (eds.), 2003. **Proc. Bongos The Cool Snack**. In 23rd Biennial Grain Sorghum Research and Utilization Conference, p. 39. Albuquerque, New Mexico, U.S

- Duodu A Nunes, Delgadillo I. and Belton P. S.. 2003. **Low Protein Digestibility Of Cooked Sorghum – Causes And Needs For Further Research.** Journal of Cereal Science. In press
- Duodu, K.G., Taylor J.R.N., Belton P.S. and Hamaker B.R. 2003. **Factors Affecting Sorghum Protein Digestibility.** J. Cereal Scie. 38(2003)117-131
- Dvořáček V. and Čurn V. 2003. **Evaluation of Protein Fractions as Biochemical Markers for Identification of spelt wheat cultivars (*Triticum spelta* L.)** J. PLANT SOIL ENVIRON., 49, 2003 (3): 99–105
- El Nuour I.N.A., Peruffo, A.D.B., and Curioni, A. 1998. **Characterisation Of Sorghum Kafirin In Relation To Their Cross Linking Behaviour.** Journal of cereal science, 28, 197-207.
- Enviropak, 2004, **Environment-Friendly Packaging Solutions For Enhanced Storage And Quality Of Southern Africa's Fruit And Nut Exports,** In the EU Programme INCO-DEV, accessed at www.sik.se/enviropak. Tgl akses 12 Februari 2009
- FAO, 1991. **Sorghum and Millets in Human Nutrition.** <http://www.fao.org/DOCREP/T0818e/T0818E01>. Tgl akses 12 Februari 2009
- Fombang, E.N. 2005. **Protein Digestibility of Sorghum and Maize Flours and Porridges as Affected by Gamma-Irradiation.** Dept. Of Food Science. Faculty of Natural and Agricultural Science University of Pretoria. South Africa
- Gomez, M., Waniska, R.D., Rooney, L.W. and Lusas, E.W. 1988. **Extrusion Cooking Of Sorghum Containing Different Amounts Of Amylose.** J Food Sci. 53(6): 1818-1822
- Hamaker, B.R., Kirleis A.W., Butler L.G., Axtell J.D. and Mertz E.T. 1987. **Improving *In Vitro* Digestibility Of Sorghum With Reducing Agents.** Proc. Natl. Acad. Sci., USA. 84:626-628
- Hariyadi, P. 1996. **Pengenalan Peralatan Proses Ekstrusi, “Bakery” Dan Penggorengan.** Makalah Pelatihan Produk-Produk Olahan Ekstrusi, “Bakery” Dan “Frying”. Bekasi
- Harper, J.M. 1981. **Extrusion of Food Vol II.** CRC Press Inc. Boca Raton, Florida

- Harrow, B and Abraham M. 1962. **Text Book of Chemistry**. United States of America. W.B Saunders Company
- Hui, Y. H. 1992. **Ensiklopedi Of Food Science And Technologi**. Marcell Dekker, Inc. New York
- Kasih, A. L. 2005. **Sorgum, Pengganti Beras dan Gandum**. http://www.korantempo.com/korantempo/2005/08/18/Ilmu_dan_Teknologi/krn,20050818,38.id.html. tanggal akses 30 Januari 2009
- Kurniati, V dan Wanandi, S. I. 2001. **Pemisahan Protein Dengan Elektroforesiss Gel Poliakrilamid-SDS; Biokimia, eksperimen laboratorium**. Widya medika. Jakarta
- Laimheheriwa, J. 1990. **Teknologi Budidaya Sorgum**. Http://www.Pustaka-Deptan.go.id/Agritech/ppua_0162.Pdf. tanggal akses 2 Februari 2009
- Lookhart, G and Bean, S. 2000. **Cereal Protein: Composition of Their Major Fraction and Methods For Identification; Handbook of Cereal Science and Technologi Second Edition**. Marcel Dekkeer, Inc. New York
- Muchtadi, T.R., Purwiyatno dan A. Basuki. 1988. **Teknologi Pemasakan Ekstrusi**. Pusat Antar Universitas IPB dengan Kantor Menteri Negara Urusan Pangan. Bogor
- Nakai, S and Modler H.W.. 2003. **Food Protein: Properties and Characterization**. Willey Vch. New York
- Oria, M.P., Hamaker, B.R. and Shull, J.M. 2007. **Resistance Of Sorghum Alpha-, Beta- And Gamma-Kafirins To Pepsin Digestion**. Journal of Agricultural and Food Chemistry 43. 2148-2153
- Polina, 1995. **Studi Pembuatan Produk Ekstrusi Dari Campuran Jagung, Sorghum dan Kacang Hijau**. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian. IPB
- Rabe, E. 1999. **Effect Of Processing On Dietary Fiber In Foods**. In S. Cho, L. Prosky, & M. L. Deher (Eds.), Complex carbohydrates in foods (pp. 95e409). Marcel Dekker. New York
- Rismunandar, 2003. **Sorghum Tanaman Serba Guna**. Sinar Baru Algesindo. Bandung
- Rodwell, V. W. 2001. **Biokimia Harper**; alih bahasa dr.Andry Hartono. Penerbit Buku Kedokteran EGC. Jakarta

Rooney, L.W and Saldivar,S.O.S, 2000. **Sorghum; Handbook of Cereal Science and Technologi Second Edition**. Marcel Dekkeer,Inc. New York

Ruiz, J.R , Ayala A. M, Drago S., Gonzalez R., Ancona D.B. and Guerrero L.C., 2003. **Extrusion Of A Hard-To-Cook Bean (*Phaseolus Vulgaris L.*) And Quality Protein Maize (*Zea Mays L.*) Flour Blend**. LWT - Food Science and Technology 41 (2008) 1799e1807

Rusdianto, A.S. 2004. **Karakterisasi Biji dan Protein Koro Komak (*Lablab purpureus (L.) Sweet*) Sebagai Sumber Protein**. Skripsi. Jurusan THP. Universitas Jember

Santoso, 2002. **Sorghum Bisa Hijaukan Lahan Pantai**. <http://www.minggupagi.com/article.php?Sid=3874>. tgl akses 2 Februari 2007

Shull, J.M., Watterson J.J. and Kirleis A.W. 1991. **Proposed Nomenclature For The Alcoholsoluble Proteins (Kafirin) Of *Sorghum Bicolor (L. Moench)* Based On Molecular Weight, Solubility, And Structure**. J. Agric. Food Chem. 39: 83-87.

Soeranto, 2006. **Pemuliaan Tanaman Sorghum di P3TIR-BATAN**. <http://.batan.go.id/patir/berita/pertanian/sorghum/sorghum.htm>. Tanggal akses 14 Februari 2009

Suarni. 2004. **Pemanfaatan Tepung Sorghum untuk Produk Olahan**. Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 23 (4). [Http://www.Pustaka-Deptan.go.id/publication/p_3234045.Pdf](http://www.Pustaka-Deptan.go.id/publication/p_3234045.Pdf). Tanggal akses 12 Februari 2009

Suarni dan Singgih S. 2002. **Karakteristik Sifat Fisik dan Komposisi Kimia Beberapa Varietas/ Galur Biji Sorghum**. Jurnal Stigma X(2): 127 130

Sudarmadji, S., Bambang H, dan Suhardi. 2007 **Prosedur Analisa Untuk Bahan Makanan dan Pertanian**. Penerbit Liberty. Yogyakarta

Sulkha, 1995. **Factors Affecting Extrusion And Product Quality**. dalam Snack Food Breakfast Cereal Extrusion Training Program. Juli 11-13 2005. IUC For Food And Nutrition, IPB. Bogor

Wang, W., Klopfenstein, C. F., and Ponte, J. (1993). **Effects Of Twin-Screw Extrusion On The Physical Properties of Dietary Fiber and Other**

Components of Whole Wheat Bran and On The Baking Quality of The Wheat Bran. Cereal Chemistry, 70(6), 707e711.

Waniska, R.D., 2005. **Structure, Phenolic Compounds, and Antifungal Proteins of Sorghum Caryopses** .<http://www.icrisat.org/text/research/homepage/sgmm/chap4.htm>.12 Februari 2009

Woo, H.D., Choi S.J., Ha H.J., Hamaker R.B. and Moon T.W. 2004. **In Vitro Protein And Starch Digestibility Of Sorghum In The Presence Of Sodium Bisulfite.** 2004 IFT Annual Meeting, July 12-16 Las Vegas, NV

Wulandari, Z. 1997. **Analisa Sifat Fisiko Kimia dan Finansial Produk Ekstrusi Hasil Samping Penggilingan Padi (Menir dan Bekatul).** Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian. IPB

Yadav O.P, and Jindal M. S. 2007. **Seed Production Prospects of Open-pollinated Varieties of Pearl Millet During Early Summer in Western Rajasthan.** International Sorghum and Millet Newsletter. SICNA. Page 33

Yuwono, S.S dan Susanto, T. 1998. **Pengujian Fisik Pangan.** Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya. Malang

Zhang G and Hamaker B.R. 2008. **Sds-Sulfite Increases Enzymatic Hydrolysis Of Native Sorghum Starches.** Journal Starch/Staerke. 51:21-25.

Zuraida, N., Silitonga T.S., Rais S.A., Budiarti S.G, Hadiatmi dan Hidayat A. 2000. **Evaluasi Mutu Gizi Plasma Nutfah Tanaman Pangan.** [Http://www.Indobiogen.or.id/terbitan/Prosiding/pros2000/N_Zuraida.Pdf](http://www.Indobiogen.or.id/terbitan/Prosiding/pros2000/N_Zuraida.Pdf). Tanggal Akses 12 Februari 2009

Lampiran 1. Metode Analisa

1. Prosedur Analisa Kadar Air (AOAC, 1970 dalam Sudarmadji, dkk., 2007)

- Sampel ditimbang sebanyak 2 gram pada cawan porselin yang telah diketahui beratnya
- Cawan tersebut dimasukkan kedalam oven selama 3-4 jam pada suhu 100-105⁰C atau sampai beratnya menjadi konstan
- Sampel tersebut kemudian dikeluarkan dari oven dan dimasukkan kedalam desikator selama 0,5 jam, sampel yang sudah dingin ditimbang. Perlakuan ini diulang-ulang sampai dicapai berat konstan, yaitu selisih penimbangan berat sampel berturut-turut kurang dari 0,02 gram
- Kadar air dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kadar Air} = \frac{\text{Berat awal} - \text{Berat akhir}}{\text{Berat sampel}} \times 100\%$$

2. Analisa Kadar Protein (AOAC, 1970 dalam Sudarmadji, dkk., 2007)

- Sampel ditimbang sebanyak 300 mg dan dimasukkan ke dalam labu kjeldahl, ditambahkan 0,5 tablet kjeldahl dan 15 ml H₂SO₄ pekat, untuk blanko tanpa sampel, kemudian didestruksi pada lemari asam dengan suhu 200 – 250⁰C selama kurang lebih 2 jam (sampai warnanya hijau jernih)
- Hasil destruksi ditambahkan air destilasi 50 ml, kemudian dipindahkan ke dalam Erlenmeyer dan ditambahkan 40% NaOH sampai mencapai 90 ml, selanjutnya destilasi dan destilat ditampung di dalam erlenmeyer yang telah di isi 50 ml asam borax 3% di tambahkan 2 –5 tetes indicator methyl

orange dan indikator PP. Destilasi diakhiri setelah destilat diperoleh sebanyak 150 ml

- Destilat yang diperoleh dititrasi dengan menggunakan 0,2 N H₂SO₄ sampai warna berubah menjadi merah muda
- Persen kadar protein dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$\% N = \frac{(ml \text{ titrasi sampel} + ml \text{ titrasi blanko})}{\text{berat sampel}} \times n \times 14 \times 100\%$$

$$\% \text{ kadar protein} = \% N \times \text{faktor konversi (untuk biji : 6,25)}$$

Keterangan:

n = Normalitas H₂SO₄ untuk titrasi (0,2)

14 = BM nitrogen

3. Analisa Lemak (AOAC, 1970 dalam Sudarmadji, dkk., 2007)

- Ditimbang 2 g sampel, bungkus dengan kertas saring yang telah diketahui beratnya dan dimasukkan kedalam tabung ekstraksi soxlet
- Pendingin dialirkan melalui kondensor
- Tabung ekstraksi dipasang pada alat distilasi soxlet dengan pelarut petroleum eter secukupnya selama 4 jam. Setelah residu dalam tabung ekstraksi diaduk, ekstraksi dilanjutkan lagi selama 2 jam dengan pelarut yang sama.
- Sampel dan pembungkus kertas saring dipindahkan kedalam oven suhu 100 °C sampai tercapai berat konstan

- Selisih berat sampel awal dan berat sampel setelah ekstraksi dinyatakan sebagai berat lemak dan minyak

4. Penentuan Gula Reduksi Metode Nelson Somogyi (AOAC, 1970 dalam Sudarmadji, 1997)

- Persiapan kurva standar :
 - Dibuat larutan glukosa standar (10 mg glukosa anhidrat/100 ml)
 - Dari larutan glukosa standar tersebut dilakukan 6 pengenceran sehingga diperoleh larutan glukosa dengan konsentrasi : 2, 4, 6, 8, dan 10 mg/ 100 ml.
 - Disiapkan 7 tabung reaksi yang bersih masing – masing diisi dengan 1 ml larutan glukosa standar tersebut diatas. Satu tabung diisi 1 ml aquades sebagai blanko.
 - Ditambahkan kedalam masing-masing 1 ml reagensia Nelson dan dipanaskan semua tabung pada penangas air mendidih selama 20 menit.
 - Diambil semua tabung dan segera didinginkan bersama-sama dalam gelas piala yang berisi air dingin sehingga suhu tabung mencapai 25 °C.
 - Setelah dingin ditambahkan 1 ml reagensia Arsenomolibdat, gojog sampai semua endapan Cu_2O yang ada larut kembali.
 - Setelah semua endapan Cu_2O larut sempurna ditambahkan 7 ml aquades, gojog sampai homogen.
 - Ditera “ optical density” (OD) masing masing larutan tersebut pada panjang gelombang 540 nm.

- Dibuat kurva standar yang menunjukkan hubungan antara konsentrasi glukosa dan OD

- Penentuan gula reduksi pada contoh.
- Disiapkan larutan contoh. Perlu diperhatikan bahwa larutan contoh ini harus jernih, karena itu bila dijumpai larutan contoh yang keruh atau berwarna maka dilakukan penjernihan terlebih dahulu dengan menggunakan Pb asetat dari bubuk aluminium hidroksida.
- Diambil 1 ml larutan contoh yang jernih tersebut kemudian dimasukkan kedalam tabung reaksi yang bersih. Tambahkan 1 ml reagensia Nelson dan selanjutnya diperlakukan seperti pada penyiapan kurva standar diatas.
- Jumlah gula reduksi dapat ditentukan berdasarkan OD larutan contoh dan kurva standar larutan glukosa

5. Penentuan Serat Kasar (AOAC, 1970 dalam Sudarmadji dkk, 2007)

- Bahan dihaluskan sehingga dapat melalui ayakan diameter 1mm dan campurlah baik-baik, kalau bahan tidak dapat dihaluskan, hancurkan sebaik mungkin.
- Ditimbang 2 g bahan kering dan ekstraksi lemaknya dengan soxhlet. Kalau bahan sedikit mengandung lemak, misalnya sayur-sayuran, gunakan 10 gr bahan ; tidak perlu dikeringkan dan diekstraksi lemaknya

- Bahan dipindahkan ke dalam erlenmeyer 600 ml. kalau ada tambah 0,5 g asbes yang telah dipijarkan dan 3 tetes zat anti buih (anifoam agent)
- Ditambahkan 200 ml larutan H_2SO_4 mendidih (1,25 g H_2SO_4 pekat/100 ml = 0,255 N H_2SO_4) dan ditutup dengan pendingin balik, dididihkan selama 30 menit dengan kadang kala digoyang-goyangkan.
- Suspensi disaring melalui kertas saring dan residu yang tertinggal dalam Erlenmeyer dicuci dengan aquadest mendidih. Residu dicuci dalam kertas saring sampai air cucian tidak bersifat asam lagi (uji dengan kertas lakmus).
- Dipindahkan secara kuantitatif residu dari kertas saring ke dalam Erlenmeyer kembali dengan spatula, dan sisanya dicuci dengan larutan NaOH mendidih (1,25 g NaOH/100 ml = 0,313 N NaOH) sebanyak 200 ml sampai semua residu masuk ke dalam Erlenmeyer. Dididihkan dengan pendingin balik sambil kadangkala digoyang-goyangkan selama 30 menit.
- Kemudian disaring melalui kertas saring yang diketahui beratnya, sambil dicuci dengan larutan K_2SO_4 10%. Cuci lagi residu dengan aquadest mendidih dan kemudian ditambahkan kurang lebih 15 ml alkohol 95%.
- Kertas saring dikeringkan dengan isinya pada 110°C sampai berat konstan (1-2 jam), dinginkan dalam desikator dan timbang. Jangan lupa dikurangkan berat asbes, kalau digunakan.

Berat residu = berat serat kasar

6. Analisa Kadar Abu (AOAC, 1970 dalam Sudarmadji dkk, 2007)

- Bahan baku dibersihkan dari kotoran lalu dikeringkan dalam oven pada suhu 150 °C sampai berat konstan
- Ditimbang 2 g bahan kering dalam krus porselin yang telah ditimbang
- Dipijarkan dalam tanur pengabuan (550 °C) sampai berwarna keabu-abuan
- Krus porselin dimasukkan dalam desikator dan ditimbang beratnya setelah dingin
- Perhitungan Kadar Abu = $\frac{\text{Berat Residu}}{\text{Berat Sampel}} \times 100\%$

7. Analisa Kadar Pati (AOAC, 1970 dalam Sudarmadji, dkk., 2007)

- Ditimbang 2 - 5 g bahan padat yang dihaluskan kedalam gelas piala 250 ml, tambahkan aquadest
- Diaduk selama 1 jam, suspensi disaring dengan kertas saring
- Dicuci dengan aquadest sampai volume filtrat 250 ml. Filtrat ini mengandung karbohidrat dan dibuang
- Di pindahkan residu secara kuantitatif dari kertas saring ke dalam Erlenmeyer dengan pencucian 200 ml aquadest
- Ditambahkan 20 ml HCL ± 25%. Ditutup dengan pendingin balik dan dipanaskan diatas penangas air mendidih selama 2,5 jam.
- Didinginkan dan selanjutnya dinetralkan dengan NaOH 45% dan diencerkan sampai volume 500 ml, kemudian disaring. Tentukan kadar

glukosa dan filtrat yang diperoleh. Penentuan glukosa seperti penentuan gula reduksi, berat glukosa dikalikan dengan 0,9 berarti berat pati.

8. Analisa Protein Metode Lowry (AOAC, 1970 dalam Sudarmadji dkk, 2007)

- Sampel diambil sebanyak 0,1 ml kemudian diletakkan dalam tabung reaksi
- Kemudian ditambahkan reagen *Mix Lowry* sebanyak 2,5 ml, lalu divorteks hingga merata kemudian didiamkan selama 10 menit
- Ditambahkan Folin 1-N sebanyak 250 μ l, lalu divorteks lagi hingga merata kemudian didiamkan selama 60 menit
- Ditera sampai 5 ml menggunakan aquades
- Dibaca absorbansinya dengan panjang gelombang 750 nm
- Nilai absorbansi dimasukkan kedalam persamaan kurva standar BSA untuk mengetahui kadar protein sampel

9. Prosedur Pengujian Warna (L, a, b) (Gomez *et al.*,1988 dalam Acosta, 2003)

- Disiapkan sampel yang akan dianalisa.
- “color reader” dihidupkan.
- Ditentukan target pembacaan L, a, b color space atau L, C, h

- Diukur warnanya

Keterangan: L untuk parameter kecerahan, a dan b koordinat kromatisitas, C adalah kroma, h : sudut hue (warna).

10. Rasio Pengembangan Ekstrudat (Gomez *et al.*, 1988 dalam Acosta, 2003)

$$\text{Ratio Pengembangan} = \frac{\text{Diameter produk/ekstrudat}}{\text{Diameter "die"}} \times 100\%$$

11. Analisa Tekstur Ekstrudat (Gomez *et al.*, 1988 dalam Acosta, 2003)

- Bahan diletakkan di bawah jarum penetrometer
- Dilakukan penusukan sebanyak 5 kali pada 5 tempat yang berbeda. Hasil penusukan ditunjukkan dengan angka pada skala penetrometer, 1 skala = 0,1 mm
- Waktu maksimal yang diperoleh untuk penusukan pada bahan dapat ditetapkan dengan mengatur tombol selama 3 detik
- Hasil perhitungan adalah angka rata-rata yang pengukuran dengan satuan mm. (Beban = jarum + tangkai jarum)

$$\text{Tekstur} = \frac{(\text{rata-rata hasil pengukuran} \times 1/10) \text{ mm}}{\text{Berat beban (g)} \times \text{waktu (s)}}$$

12. Persiapan Fraksinasi Protein

- a) Pembuatan *Defatted Seed Flour* (Modifikasi Nakai dan Modler, 2000)

Sebelum dilakukan fraksinasi protein, lemak pada bahan harus dihilangkan terlebih dahulu

- Ditimbang 10 g bahan, kemudian diletakkan dalam erlenmeyer
- Ditambahkan 100 ml dietil eter
- Dihomogenisasi selama 1 jam, suhu ruang
- Disentrifugasi 800 rpm, 8°C selama 20 menit
- Dibiarkan 1 malam atau sampai dietil eter menguap dengan sempurna.

b) Dialisis (Modifikasi Nakai dan Modler, 2000)

Prosedur dialisis dilakukan untuk memisahkan fraksi albumin dan globulin

- Persiapan selopan (Kantong dialisis)

Selopan yang akan digunakan untuk dialisis dicuci secara berturut-turut

menggunakan :

- air mengalir 3-4 jam
 - Na sulfite 0,3 % 80°C selama 1 menit
 - air panas 50°C
 - H₂SO₄ 0,2% 50°C selama 1 menit
 - Air panas 50°C
- Dialisis
 - larutan protein NaCl dimasukkan ke dalam kantong dialisis, ditutup rapat di kedua ujungnya

- kemudian dimasukkan ke dalam aquades steril, diaduk-aduk pada suhu 4°C
- proses dialisis selama 72 jam, aquades diganti setiap 8 jam sekali.
- Hasil dialisis kemudian dipisahkan antara filtrat dan endapannya, filtrat merupakan albumin dan endapan merupakan globulin.

13. Elektroforesis (Modifikasi Kurniati, V. M dkk, 1999)

- Lempeng kaca 2 buah dan spacer dibersihkan kemudian disusun dengan posisi spacer ditengah-tengah lempeng kaca
- Dibuat *separating gel* buffer 1,5 M 0,4%, *stacking gel* buffer 0,5 M.
- *Separating gel* dimasukkan kedalam ruang antara lempeng kaca. Disisakan kira-kira 2,5 cm dari tepi atas lempeng kaca untuk *stacking gel*. Dibiarkan kira-kira 2 menit sampai *separating gel* berpolimerisasi.
- Setelah *separating gel* berpolimerisasi, dituangkan campuran *stacking gel* di atasnya. Kemudian disisipkan plastik pembentuk sumur sampel. Dibiarkan hingga *stacking gel* berpolimerisasi.
- Setelah *stacking gel* berpolimerisasi, plastik pembentuk sumur diangkat
- Lempeng kaca dan gel kemudian diletakkan dalam alat elektroforesis, kemudian dituangkan buffer elektroforesis sampai batas atas hampir penuh.
- Disiapkan sampel (dilarutkan dalam buffer sampel dengan perbandingan 4:1) dan protein penciri (*marker*).
- Sumur diberi nomor. Kemudian sampel dan *marker* dimasukkan kedalam sumuran. Dicatat nomor sumur dan isinya

- Alat elektroforesis dihubungkan dengan *power supply*. Elektroforesis dijalankan kira-kira 2 jam.
- Setelah elektroforesis selesai, klem dibuka, kemudian dipisahkan lempeng kaca dari gel. Batas antara *separating gel* dan *stacking gel* dipotong
- Gel kemudian diangkat dan direndam dalam larutan pewarna selama 30-60 menit. Kemudian gel dipindahkan dalam larutan pencuci. Jika perlu, larutan pencuci diganti beberapa kali hingga warna latar belakang memudar dan pita-pita protein jelas terlihat.
- Mobilitas protein sampel kemudian dibandingkan dengan protein *marker* untuk menentukan berat molekulnya.

Cara :

Buat kurva standar protein *marker*, dengan sumbu x adalah mobilitas relatif (R_f) protein *marker* dan sumbu y adalah berat molekul protein *marker*.

Mobilitas protein relatif ditentukan dengan mengukur jarak (cm) pita-pita protein dari batas atas *separating gel* dibagi dengan jarak (cm) *tracking dye*.

$$R_f = \frac{\text{jarak (cm) pita-pita protein dari batas atas } \textit{separating gel}}{\text{jarak (cm) } \textit{tracking dye} \text{ dari batas atas } \textit{separating gel}}$$

Untuk menentukan berat molekul protein sampel, jarak pita-pita protein sampel diukur dari batas atas *separating gel*. Kemudian dengan menggunakan kurva standar protein *marker*, berat molekul protein sampel ditentukan

Lampiran 2. Hasil Uji Sifat Fisik Biji Sorghum Sebelum Disosoh

Uji	Ulangan I	Ulangan II	Ulangan III	Rata-rata	Deviasi
Dimensi biji (mm)					
- panjang	3.9	4.13	4.21	4.08	0.161
- lebar	2.67	2.74	3.08	2.83	0.219
- tebal	2.1	2.28	2.28	2.22	0.104
Densitas kamba (g/ml)	0.78	0.68	0.67	0.71	0.061
Berat 1000 biji (g)	19.3	19.5	21.5	20.1	1.217
Analisis warna tepung					
- L	58.63	60.19	54.16	57.66	3.130
- a	13.65	12.7	13.37	13.24	0.488
- b	17.09	17.98	19.11	18.06	1.012

Lampiran 3. Hasil Uji Sifat Fisik Biji Sorghum Setelah Disosoh

Uji	Ulangan I	Ulangan II	Ulangan III	Rata-rata	Deviasi
Dimensi biji (mm)					
- panjang	3.7	3.26	4.47	3.81	0.612
- lebar	3	2.86	2.45	2.77	0.286
- tebal	2.1	2.35	1.94	2.13	0.207
Densitas kamba (g/ml)	0.78	0.98	0.838	0.866	0.103
Berat 1000 biji (g)	16.2	15.6	15.3	15.7	0.458
Hasil 4 kali penyosohan (%)					
- dedak	21.59	22.72	21.72	22.01	0.618
- endosperm	77.89	78.34	77.74	77.99	0.312
Analisis warna tepung					
- L	66.91	69.17	53.4	63.16	8.528
- a	11.29	14.9	12.93	13.04	1.808
- b	17.82	16.01	15.67	16.5	1.156

Lampiran 4. Hasil Analisa Proksimat Sorghum Sebelum Disosoh

Parameter	Ulangan I	Ulangan II	Ulangan III	Rata-rata	Deviasi
Kadar air	10.56	10.97	10.69	10.47	0.21
Kadar abu	1.62	1.71	1.89	1.74	0.14
Kadar serat	2.39	2.6	3.29	2.67	0.47
Kadar lemak	2.17	2.1	2.3	2.19	0.10
Kadar pati	70.12	71.1	71.03	70.57	0.55
Kadar gula reduksi	0.04	0.03	0.05	0.04	0.01
Kadar protein	12.03	11.9	11.41	11.78	0.33

Lampiran 5. Hasil Analisa Proksimat Sorghum Setelah Disosoh

Parameter	Ulangan I	Ulangan II	Ulangan III	Rata-rata	Deviasi
Kadar air	9.06	8.89	10.22	9.39	0.72
Kadar abu	0.5	0.47	0.32	0.43	0.10
Kadar serat	0.34	0.43	0.46	0.41	0.06
Kadar lemak	0.71	0.81	0.7	0.74	0.06
Kadar pati	76.35	79.83	78.96	78.18	1.81
Kadar gula reduksi	0.04	0.026	0.024	0.03	0.01
Kadar protein	10.3	10.76	10.8	10.26	0.28

Lampiran 6. Hasil Fraksinasi Protein Sorghum Sosoh

Fraksi	ulangan 1	ulangan 2	ulangan 3	rata2	deviasi
Albumin	14.56	12.72	14.17	13.83	0.973
Globulin	1.23	1.40	1.26	1.29	0.093
Kafirin	9.26	70.21	69.70	69.72	0.474
Glutelin	14.95	15.67	14.87	15.16	0.502

Lampiran 7. Hasil Analisa Rasio Pengembangan Ekstrudat

Jenis Ekstrudat	Diameter Ekstrudat (Mm)			Rata-rata	Diameter die (mm)	Rasio Pngembangan (%)
	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3			
sorghum	95	110	100	101.67	3.775	269.32
beras	125	130	125	126.67		335.54
jagung	150	160	150	153.33		406.18

Lampiran 8. Hasil Analisa Kecerahan (L) Ekstrudat

Jenis Ekstrudat	L				
	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Rata-Rata	Deviasi
ekstrudat sorghum	51.98	49.7	54.8	52.16	2.55
ekstrudat beras	67.61	62.7	63.04	64.45	2.74
ekstrudat jagung	65.9	69.13	64.68	66.57	2.30

Lampiran 9. Hasil Analisa Tingkat a* dan b* Ekstrudat

jenis ekstrudat	a*				
	Ulangan 1	ulangan 2	ulangan 3	rata-rata	deviasi
ekstrudat sorghum	12.09	11.89	15.14	13.04	1.82
ekstrudat beras	20.22	25.55	23.59	23.12	2.70
ekstrudat jagung	19.43	19.77	14.11	17.77	3.17
jenis ekstrudat	b*				
	Ulangan 1	ulangan 2	ulangan 3	rata-rata	deviasi
ekstrudat sorghum	17.09	16.33	16.08	16.5	0.53
ekstrudat beras	22.24	21.39	24.65	22.76	1.69
ekstrudat jagung	32.01	29.89	32	31.3	1.22

Lampiran 10. Hasil Analisa Tekstur Ekstrudat

Berat beban : 89.64 g

Waktu : 3 detik

Beras	Skala		Hasil pengukuran	Penetrasi	Rata-rata	Deviasi
Ulangan1	139	108	31	0.10	0.10	0.04
Ulangan 2	152	108	44	0.15		
Ulangan 3	126	108	18	0.06		

Sorghum	Skala		Hasil pengukuran	Penetrasi	Rata-rata	Deviasi
Ulangan1	152	131	21	0.07	0.08	0.01
Ulangan 2	163	138	25	0.08		
Ulangan 3	152	131	21	0.07		

Jagung	Skala		Hasil pengukuran	Penetrasi	Rata-rata	Deviasi
Ulangan1	95	64	31	0.10	0.10	0.01
Ulangan 2	96	62	34	0.11		
Ulangan 3	100	73	27	0.09		

Lampiran 11. Hasil Analisa Densitas Kamba Ekstrudat (Volume 100ml)

Sorghum	berat (g)	densitas kamba	rata-rata	std Dev.
Ulangan1	4.01	40.10	40.499	0.66
Ulangan 2	4.10	41.03		
Ulangan 3	4.03	40.34		

Jagung	berat (g)	densitas kamba	rata-rata	std Dev.
Ulangan1	2.81	28.13	29.436	1.14
Ulangan 2	2.97	29.75		
Ulangan 3	3.04	30.40		

Beras	berat (g)	densitas kamba	rata-rata	std Dev.
Ulangan1	3.66	36.58	35.133	2.43
Ulangan 2	3.31	33.14		
Ulangan 3	3.57	35.67		

Lampiran 12. Hasil Analisa Proksimat Ekstrudat Sorghum

Parameter	ulangan 1	ulangan 2	ulangan 3	rata-rata	deviasi
Kadar air	6.41	6.44	7.37	6.74	0.55
Kadar abu	0.47	0.39	0.55	0.47	0.08
Kadar serat	1.27	1.33	1.45	1.35	0.09
Kadar lemak	0.6	0.51	0.51	0.54	0.05
Kadar pati	75.67	75.08	72.36	74.37	1.77
Kadar gula reduksi	7.34	7.21	7.32	7.29	0.07
Kadar protein	7.03	6.46	6.82	6.77	0.29

Lampiran 13. Hasil Analisa Proksimat Ekstrudat Jagung

Parameter	ulangan 1	ulangan 2	ulangan 3	rata-rata	deviasi
Kadar air	6.97	7.01	7.53	7.17	0.31
Kadar abu	0.86	0.81	0.82	0.83	0.03
Kadar serat	1.19	1.23	1.21	1.21	0.02
Kadar lemak	0.53	0.5	0.47	0.5	0.03
Kadar pati	77.07	76.5	74.49	76.02	1.36
Kadar gula reduksi	7.2	6.98	7.33	7.17	0.18
Kadar protein	6.3	6.1	5.84	6.08	0.23

Lampiran 14. Hasil Analisa Proksimat Ekstrudat Beras

Parameter	ulangan 1	ulangan 2	ulangan 3	rata-rata	deviasi
Kadar air	6.9	6.7	7.1	6.9	0.20
Kadar abu	0.51	0.46	0.44	0.47	0.04
Kadar serat	1.9	1.5	1.7	1.7	0.20
Kadar lemak	0.16	0.19	0.19	0.18	0.02
Kadar pati	79.91	80.58	80.17	80.22	0.34
Kadar gula reduksi	7.49	7.5	7.96	7.65	0.27
Kadar protein	3.48	3.5	3.1	3.36	0.23

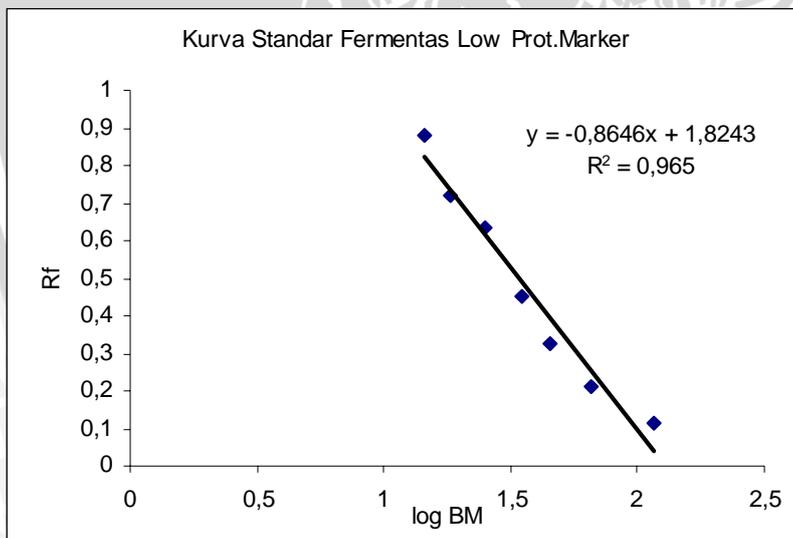
Lampiran 15. Hasil Fraksinasi Ekstrudat Sorghum

Fraksi	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Rata-rata	deviasi
Albumin	13.9	13.76	13.11	13.59	0.42
Globulin	3.51	4.02	3.9	3.81	0.27
Kafirin	40.06	39.87	37.73	39.22	1.29
Glutelin	44.89	43.29	41.93	43.37	1.48

Lampiran 16. Hasil Fraksinasi Ekstrudat Jagung

Fraksi	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	rata-rata	deviasi
Albumin	16.23	16.41	16.08	16.24	0.165
Globulin	0.012	0.0098	0.0082	0.01	0.002
Prolamin	38.39	39.19	39.3	38.96	0.497
Glutelin	46.23	42.32	45.82	44.79	2.627

Lampiran 17. Perhitungan BM Fraksi Protein Kafirin



Perhitungan BM kafirin

Panjang Gel (A) : 7 cm

Jarak *Tracking* sampel : $\alpha=4,15$ cm, $\beta= 4,65$ cm, $\gamma= 3,89$ cm

$$\beta \rightarrow R_f(y) = B/A = 0,664$$

$$\begin{aligned} \text{Log BM (x)} &= (y-1.8243)/0.8646 \\ &= (0.664-1.8243)/0.8646 \\ &= 1.342 \end{aligned}$$

$$\text{BM} = 21,962$$

$$\alpha \rightarrow R_f(y) = B/A \\ = 0,593$$

$$\text{Log BM}(x) = (y-1.8243)/0.8646 \\ = (0.593-1.8243)/0.8646 \\ = 1.424 \\ \text{BM} = 26,56$$

$$\gamma \rightarrow R_f(y) = B/A \\ = 0,557$$

$$\text{Log BM}(x) = (y-1.8243)/0.8646 \\ = (0.557-1.8243)/0.8646 \\ = 1.466 \\ \text{BM} = 29,21$$

