

**KARAKTERISASI PATI SORGUM (*Sorghum bicolor* L. Moench)
VARIETAS NUMBU DAN GENJAH**

SKRIPSI

**MARISA
F24070115**



**FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2012**

CHARACTERIZATION OF NUMBU AND GENJAH SORGHUM (*Sorghum bicolor* L. Moench) STARCH

Marisa, Slamet Budijanto, and Azis Boing Sitanggang

Department of Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Engineering and Technology,
Bogor Agricultural University, IPB Dramaga Campus, PO BOX 220, Bogor, West Java, Indonesia
Phone: +62 856 93203022, E-mail: marisa.djong@gmail.com

ABSTRACT

Starch demand from food industry is increasing. Sorghum is a one potential source of starch since it has high starch content. It is important to know the characteristics of sorghum starch, such as its structure, size, molecular weight distribution, and amylose-amylopectin ratio, so that it can be used as an alternative source of starch in food industry. This research aims to characterize sorghum starch so that the information could be used in using sorghum as an alternative source of starch. There are two varieties of sorghum studied in this research, numbu and genjah variety. From polishing process of numbu variety, the highest yield (79.60%) was obtained from the addition of 20 ml water and 100 gram feed. The starch isolation yield of numbu and genjah variety were 8.73% and 19.48%, respectively. Water, ash, protein, fat, and carbohydrate content of numbu sorghum starch on dry basis were 7.44%, 0.28%, 4.21%, 0.47%, and 87.60%, respectively. While, water, ash, protein, fat, and carbohydrate content of genjah sorghum starch on dry basis were 6.78%, 0.43%, 3.06%, 0.32%, and 89.41%, respectively. Starch content of numbu and genjah variety were 79.49% and 85.01%. Amylose and amylopectin content of numbu variety were 22.48% and 77.52%. Whereas, amylose and amylopectin content of genjah variety were 18.62% and 81.38%. Bulk density of numbu and genjah sorghum starch were 0.76 g/ml and 0.79 g/ml. Whiteness of numbu and genjah sorghum starch were 83.41% and 66.10%. The result of gelatinization profile analysis showed peak viscosity, peak time, and gelatinization temperature of numbu variety as 3927.67 cP, 8.31 minutes, and 76.22°C. Whereas, the gelatinization profile of genjah variety were 4959.00 cP, 7.29 minutes, and 75.32°C. Starch granule shape of both varieties were round and polygonal. Starch granule size of numbu and genjah variety were 3.8 to 38.7 μm and 4.3 to 25.0 μm , respectively. The result of DSC analysis showed the peak temperature (T_p) of genjah variety (77.30°C) was higher than numbu variety (75.97°C).

Keywords: sorghum, starch, characterization, gelatinization

RINGKASAN

Menurut Undang-Undang No. 7 tahun 1996 tentang Pangan, pemerintah bersama masyarakat bertanggung jawab untuk mewujudkan ketahanan pangan. Ketahanan pangan merupakan kondisi terpenuhinya pangan bagi rumah tangga yang tercermin dari tersedianya pangan yang cukup, baik jumlah maupun mutunya, aman, merata dan terjangkau. Salah satu solusi terhadap masalah ketahanan pangan adalah penganeekaragaman pangan atau yang sering disebut diversifikasi pangan. Sorgum merupakan salah satu sereal *indigenous* yang dapat dikembangkan untuk diversifikasi pangan. Pemanfaatan sorgum sangat luas, diantaranya adalah sebagai bahan pangan, pakan, bioetanol, dan bahan industri. Pemanfaatan sorgum sebagai bahan pangan dapat berupa produk olahan jadi dan produk olahan setengah jadi. Produk olahan setengah jadi yang berasal dari sorgum antara lain beras, tepung, dan pati sorgum. Pengolahan sorgum menjadi produk setengah jadi seperti tepung dan pati banyak dilakukan karena dapat meningkatkan daya guna sorgum, meningkatkan umur simpan, mempermudah proses pencampuran, mempermudah proses fortifikasi, dan mempermudah proses pemasakan.

Permintaan terhadap pati yang berasal dari industri pangan semakin meningkat dewasa ini. Sorgum yang memiliki kandungan pati tinggi (sekitar 70%) berpotensi untuk dimanfaatkan dalam industri. Pati yang berasal dari sumber yang berbeda memiliki struktur, ukuran, distribusi bobot molekul, rasio amilosa terhadap amilopektin yang berbeda. Hal tersebut akan berpengaruh terhadap karakteristik termal, karakteristik pasta, dan karakteristik lainnya. Karakteristik suatu pati akan menentukan pemanfaatan pati tersebut, baik sebagai pangan, pakan, atau industri lainnya seperti industri kertas dan tekstil. Oleh sebab itu, sangat penting untuk mengetahui karakteristik pati sorgum agar dapat dimanfaatkan sesuai dengan potensinya dalam industri. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan mengkarakterisasi pati sorgum sehingga informasi karakter pati ini dapat dimanfaatkan dalam penggunaan sorgum sebagai sumber pati.

Penelitian ini dibagi menjadi tiga tahap, yaitu (1) penyosohan sorgum varietas numbu, (2) isolasi pati sorgum, dan (3) karakterisasi pati sorgum. Pada proses penyosohan sorgum varietas numbu, dilakukan penyesuaian kadar air dengan menambahkan air sebanyak 0, 20, 30, 40, dan 50 ml ke dalam 1 kg sorgum. Proses penyosohan dilakukan selama satu menit dengan jumlah *feed* 100 dan 200 gram. Rendemen penyosohan tertinggi (79.60%) diperoleh dari penambahan air sebanyak 20 ml dan jumlah *feed* 100 gram. Proses isolasi pati dilakukan dengan metode penggilingan basah. Rendemen isolasi pati sorgum varietas numbu dan genjah sebesar 8.73% dan 19.48%.

Karakterisasi pati sorgum terdiri dari analisis proksimat, kadar pati, kadar amilosa dan amilopektin, densitas kamba, derajat putih, profil gelatinisasi pati, bentuk dan ukuran granula pati, serta analisis termal gelatinisasi pati. Kadar air, abu, protein, lemak, dan karbohidrat pati sorgum varietas numbu secara berturut-turut sebesar 7.44%, 0.28%, 4.21%, 0.47%, dan 87.60% (basis kering). Sedangkan untuk pati sorgum varietas genjah sebesar 6.78%, 0.43%, 3.06%, 0.32%, dan 89.41%. Kadar pati sorgum varietas genjah (85.01%) lebih besar dari varietas numbu (79.49%). Kadar amilosa pati sorgum varietas numbu (22.48%) lebih tinggi dari varietas genjah (18.62%). Densitas kamba pati sorgum varietas genjah (0.79 g/ml) lebih besar dari varietas numbu (0.76 g/ml). Derajat putih pati sorgum varietas numbu (83.41%) lebih tinggi dari varietas genjah (66.10%) yang berwarna kemerahmudaan.

Hasil analisis profil gelatinisasi pati menunjukkan bahwa pati sorgum varietas genjah memiliki kemampuan pengembangan granula pati yang lebih besar dari varietas numbu karena memiliki viskositas puncak yang lebih tinggi. Nilai viskositas *breakdown* pati sorgum varietas numbu yang lebih rendah dari varietas genjah menunjukkan bahwa pati sorgum varietas numbu lebih tahan terhadap proses pemanasan dan pengadukan. Viskositas *setback* yang lebih tinggi pada pati sorgum varietas genjah menunjukkan kecenderungan untuk mengalami retrogradasi. Suhu gelatinisasi pati sorgum varietas numbu (76.22°C) hampir sama dengan varietas genjah (75.32°C). Bentuk granula pati sorgum kedua varietas cenderung bulat dan bersudut banyak (poligonal). Ukuran granula pati sorgum varietas numbu berkisar antara 3.8 hingga 38.7 µm. Ukuran granula pati sorgum varietas genjah berkisar antara 4.3 hingga 25.0 µm. Hasil analisis DSC menunjukkan suhu puncak (T_p) sorgum varietas genjah (77.30°C) lebih tinggi dari varietas numbu (75.97°C).



KARAKTERISASI PATI SORGUM (*Sorghum bicolor* L. Moench) VARIETAS NUMBU DAN GENJAH

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN
pada Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan
Fakultas Teknologi Pertanian
Institut Pertanian Bogor

Oleh
MARISA
F24070115

FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2012

Judul Skripsi : Karakterisasi Pati Sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench)
Varietas Numbu dan Genjah
Nama : Marisa
NIM : F24070115

Menyetujui,

Pembimbing I,

Pembimbing II,

(Dr. Ir. Slamet Budijanto, M. Agr.)
NIP 19610502 198603 1 002

(Azis Boing Sitanggang, S. TP., M. Sc.)
NIP 19860911 201012 1 007

Mengetahui:
Ketua Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan,

(Dr. Ir. Feri Kusnandar, M. Sc.)
NIP 19680526 199303 1 004

Tanggal ujian akhir sarjana: 22 Februari 2012

PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa skripsi dengan judul **Karakterisasi Pati Sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench) Varietas Numbu dan Genjah** adalah hasil karya saya sendiri dengan arahan Dosen Pembimbing Akademis, dan belum diajukan dalam bentuk apapun pada perguruan tinggi manapun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Bogor, 22 Februari 2012
Yang membuat pernyataan

Marisa
F24070115

Hal Cipta (Hak Cipta) dan Hak Terkait
1. Dilindungi sebagai hak cipta atas karya seni, sastra, ilmu pengetahuan, teknologi, dan informasi.
2. Pengalihan hak cipta kepada pihak lain harus dilakukan secara tertulis.
3. Pengalihan hak cipta kepada pihak lain harus dilakukan secara tertulis.
4. Pengalihan hak cipta kepada pihak lain harus dilakukan secara tertulis.
5. Pengalihan hak cipta kepada pihak lain harus dilakukan secara tertulis.
6. Pengalihan hak cipta kepada pihak lain harus dilakukan secara tertulis.
7. Pengalihan hak cipta kepada pihak lain harus dilakukan secara tertulis.
8. Pengalihan hak cipta kepada pihak lain harus dilakukan secara tertulis.
9. Pengalihan hak cipta kepada pihak lain harus dilakukan secara tertulis.
10. Pengalihan hak cipta kepada pihak lain harus dilakukan secara tertulis.

BIODATA PENULIS



Penulis memiliki nama lengkap Marisa. Penulis lahir di Pontianak pada tanggal 17 Maret 1989 sebagai anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan Santoso dan Liliana. Jenjang pendidikan yang telah ditempuh penulis adalah SD Strada Budi Luhur Bekasi (1995-2001), SLTP Strada Budi Luhur Bekasi (2001-2004), dan SMA Marsudirini Bekasi (2004-2007). Penulis lulus seleksi melalui jalur Seleksi Penerimaan Mahasiswa Baru (SPMB) dan terdaftar sebagai mahasiswi jenjang S1 dengan mayor Ilmu dan Teknologi Pangan dan minor Manajemen Fungsional di Institut Pertanian Bogor (2007-2011).

Penulis aktif dalam berbagai kegiatan kemahasiswaan yaitu sebagai Bendahara Umum Himpunan Mahasiswa Ilmu dan Teknologi Pangan (Himitepa) IPB (2010), Wakil Koordinator Pelayanan Komisi Pelayanan Khusus (Kopelkhu) Persekutuan Mahasiswa Kristen (PMK) IPB periode 2009-2010, dan anggota Ksatria Peduli Pangan Himitepa IPB yang memberi penyuluhan berkala di SD Cangkrang Desa Cikarawang (2010). Penulis juga berperan sebagai *Trainer* pada “Program Warung Sehat Lingkar Kampus IPB” yang diselenggarakan Himitepa, LPPM IPB, dan *South East Asia Food and Agricultural Science and Technology (SEAFAST) Center* IPB (2010).

Penulis merupakan finalis Lomba *PolyU Global Student Challenge* yang diselenggarakan oleh *The Hong Kong Polytechnic University* (2011). Penulis juga mendapatkan *Top 5 Best of The Best Commercial Award* pada Lomba *PolyU Global Student Challenge* (2011). Penulis mendapat juara III pada *Indonesian Food Bowl Quiz Competition* yang diselenggarakan oleh Himpunan Mahasiswa Peduli Pangan Indonesia (HMPPPI) pada tahun 2011. Penulis merupakan penerima beasiswa Peningkatan Prestasi Akademik (PPA) IPB periode 2010-2011. Selain itu, penulis mendapat kesempatan menjadi Asisten Praktikum Kimia Dasar Tingkat Persiapan Bersama (TPB) IPB pada tahun 2008.

Halaman 1 dari 1

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yesus Kristus atas berkat yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Skripsi ini merupakan laporan hasil penelitian yang penulis lakukan sebagai syarat mendapatkan gelar sarjana di Institut Pertanian Bogor, berjudul **“Karakterisasi Pati Sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench) Varietas Numbu dan Genjah”** yang telah dilaksanakan dari bulan Juli 2011 sampai November 2011. Bersama dengan selesainya kegiatan penelitian dan penyusunan skripsi ini, penulis ingin mengungkapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Papa, mama, dan adik yang senantiasa memberikan dukungan baik berupa kasih sayang, doa, dan dorongan semangat yang tak mungkin dapat dibalas oleh penulis.
2. Dr. Ir. Slamet Budijanto, M. Agr. dan Azis Boing Sitanggal, S. TP, M. Sc. sebagai dosen pembimbing akademik yang telah banyak memberi bimbingan dan didikan hingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Dr. Ir. Budi Nurtama, M. Agr. sebagai dosen penguji yang telah banyak memberi bimbingan selama penulis menjalani sidang skripsi.
4. Sahabat-sahabat terkasih Amelinda Angela, Trancy Chandra, dan Elisabeth Setyo atas keceriaan, kebersamaan, dan suka duka yang telah dilalui bersama di Perwira 45.
5. Teman-teman satu bimbingan Sritina Paiki, Adi Indra Permana, dan Ricky Alberto Sinaga yang telah melalui masa-masa penelitian dan bimbingan bersama.
6. Sahabat-sahabat ITP 44 yang begitu berkesan Cherish, Anisa Rahmadani, Dimas, Dinda, Daniel, Punjung, Andri, Arum, Michael, Agi, Mumun, Vendry, Iman, Wima, Marvin, Arief, Reggie, Irsyad, Suriah, Bertha, Nipu, Oni, Muslikatin, Eliana, Malik, Vita, Leo, Meiada, Melia, Elvita, Uli, Kevin, dan sahabat ITP lainnya yang tidak dapat disebutkan satu per satu atas kebersamaan dan keceriaan selama menjalani masa perkuliahan.
7. Teman-teman Komisi Pelayanan Khusus (Kopelkhu) Persekutuan Mahasiswa Kristen (PMK) IPB Ronald, Fitri, Yesica, Posma, Frengki, Loris, Cintya, Jerikho, Erika, Bayu, Janet, dan Lisbet atas dukungan doa dan kebersamaan selama pelayanan.
8. Teman-teman IPB Merry Veronika, Sri Wahyuni, Alfianti Sari, Widyaningtiast, Meditarii Wikan, Septi Yanni, Dede Saputra, William Suhartono, Soraya Sanitha, Sujitta Kuekit, Chalida Attarun, Supaporn Suwunnachom, dan Witchapun Soi-in atas kebersamaan dan keceriaan selama menjalani masa perkuliahan dan penelitian.
9. Seluruh staff F-Technopark dan Laboratorium ITP Bu Iin, Mbak Febri, Pak Hendra, Mas Ujang, Mas Zaenal, Mas Asep, Pak Rojak, Pak Wahid, Mbak Vera, Pak Yahya, Bu Rubiah, Mbak Ari, Pak Iyas, Pak Sobirin, Bu Sri, dan Bu Sari atas segala bimbingan dan bantuan yang diberikan kepada penulis.
10. Seluruh staff pengajar dan administrasi ITP atas segala didikan dan bantuan yang telah diberikan kepada penulis.

Semoga skripsi hasil penelitian akhir ini dapat memberikan manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan terutama di bidang pangan.

Bogor, 22 Februari 2012

Penulis

3.	Kadar Amilosa dan Amilopektin	22
4.	Densitas Kamba	23
5.	Derajat Putih	24
6.	Profil Gelatinisasi Pati	25
7.	Bentuk dan Ukuran Granula Pati	28
8.	Analisis <i>Differential Scanning Calorimetry</i> (DSC)	29
V.	PENUTUP.....	31
	A. SIMPULAN	31
	B. SARAN.....	31
	DAFTAR PUSTAKA	32
	LAMPIRAN.....	37

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Struktur biji sorgum.....	3
Gambar 2. Satake <i>Grain Testing Mill</i>	9
Gambar 3. Diagram alir proses isolasi pati sorgum.....	11
Gambar 4. KETT <i>Digital Whiteness Meter</i> Model C-100.....	16
Gambar 5. <i>Rapid Visco Analyzer</i>	16
Gambar 6. <i>Scanning Electron Microscope</i> Model JSM-5310LV.....	17
Gambar 7. <i>Ion coater</i>	17
Gambar 8. <i>Differential Scanning Calorimetry</i>	17
Gambar 9. Perbandingan derajat putih pati sorgum varietas genjah dan numbu.....	25
Gambar 10. Profil gelatinisasi pati sorgum varietas numbu.....	26
Gambar 11. Profil gelatinisasi pati sorgum varietas genjah.....	26
Gambar 12. Bentuk granula pati sorgum varietas numbu dan genjah.....	29
Gambar 13. Termogram DSC pati sorgum varietas numbu dan genjah.....	30



DAFTAR LAMPIRAN

		Halaman
Lampiran 1.	Tabel Luff Schoorl.....	39
Lampiran 2.	Spesifikasi <i>Whiteness Meter</i>	40
Lampiran 3.	Spesifikasi <i>Rapid Visco Analyzer</i>	41
Lampiran 4.	Spesifikasi <i>Scanning Electron Microscope</i>	42
Lampiran 5.	Spesifikasi <i>Ion Coater</i>	43
Lampiran 6.	Spesifikasi <i>Differential Scanning Calorimetry</i>	44
Lampiran 7.	Hasil analisis kadar air biji sorgum varietas numbu setelah <i>conditioning</i>	45
Lampiran 8.	Hasil penyosohan sorgum varietas numbu.....	46
Lampiran 9.	Hasil uji <i>one-way ANOVA</i>	48
Lampiran 10.	Hasil isolasi pati sorgum.....	49
Lampiran 11.	Hasil <i>independent sample t-test</i> isolasi pati sorgum.....	50
Lampiran 12.	Hasil analisis proksimat pati sorgum.....	51
Lampiran 13.	Hasil <i>independent sample t-test</i> kadar air pati sorgum.....	53
Lampiran 14.	Hasil <i>independent sample t-test</i> kadar abu pati sorgum.....	54
Lampiran 15.	Hasil <i>independent sample t-test</i> kadar lemak pati sorgum.....	55
Lampiran 16.	Hasil <i>independent sample t-test</i> kadar protein pati sorgum.....	56
Lampiran 17.	Hasil analisis kadar pati sorgum.....	57
Lampiran 18.	Hasil <i>independent sample t-test</i> kadar pati sorgum.....	58
Lampiran 19.	Kurva standar amilosa.....	59
Lampiran 20.	Hasil analisis kadar amilosa pati sorgum.....	60
Lampiran 21.	Hasil <i>independent sample t-test</i> kadar amilosa pati sorgum.....	61
Lampiran 22.	Hasil analisis densitas kamba pati sorgum.....	62
Lampiran 23.	Hasil <i>independent sample t-test</i> densitas kamba pati sorgum.....	63
Lampiran 24.	Hasil analisis derajat putih pati sorgum.....	64
Lampiran 25.	Hasil <i>independent sample t-test</i> derajat putih pati sorgum.....	65
Lampiran 26.	Hasil analisis profil gelatinisasi pati sorgum.....	66
Lampiran 27.	Hasil analisis DSC pati sorgum.....	67
Lampiran 28.	Hasil analisis kadar air pati sorgum untuk analisis DSC.....	68

I. PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Menurut Undang-Undang No. 7 tahun 1996 tentang Pangan, pemerintah bersama masyarakat bertanggung jawab untuk mewujudkan ketahanan pangan. Ketahanan pangan merupakan kondisi terpenuhinya pangan bagi rumah tangga yang tercermin dari tersedianya pangan yang cukup, baik jumlah maupun mutunya, aman, merata dan terjangkau. Hingga saat ini, beras merupakan bahan pangan utama yang dikonsumsi masyarakat Indonesia. Hal ini menyebabkan ketahanan pangan baru akan tercapai pada saat kebutuhan akan beras terpenuhi bagi seluruh masyarakat Indonesia. Kegagalan panen yang sering terjadi akibat perubahan iklim menyebabkan ketahanan pangan akan sulit dicapai. Oleh karena itu, ketergantungan konsumsi beras perlu dikurangi secara terencana.

Salah satu solusi terhadap masalah ketahanan pangan adalah penganekaragaman pangan atau yang sering disebut diversifikasi pangan. Diversifikasi pangan bertujuan mengurangi ketergantungan terhadap satu jenis bahan pangan, dalam hal ini beras. Selain itu, diversifikasi pangan juga dapat meningkatkan mutu gizi masyarakat karena konsumsi bahan pangan yang beragam. Program diversifikasi pangan yang paling berhasil adalah tepung terigu. Namun, hal tersebut menyebabkan terjadinya ketergantungan impor yang sangat tinggi. Indonesia sebenarnya memiliki berbagai jenis pangan sumber karbohidrat selain beras yang dapat dikembangkan. Bahan pangan lokal harus dikembangkan secara terencana agar dapat mengurangi ketergantungan terhadap beras dan tepung terigu. Menurut Syah (2009), *road map* diversifikasi pangan harus dibangun sedemikian rupa sehingga dapat menyediakan aneka pilihan hidangan bagi masyarakat. Proses penciptaan hidangan tersebut harus dibangun berdasarkan rantai nilai komoditi lokal sehingga diversifikasi pangan dapat dijadikan kendaraan untuk menciptakan lapangan kerja, menumbuhkan pendapatan masyarakat dan pada akhirnya pengurangan kemiskinan.

Sorgum merupakan salah satu sereal *indigenous* yang dapat dikembangkan untuk diversifikasi pangan. Berdasarkan hasil penelitian Puslitbang Tanaman Pangan (1993), tanaman sorgum dapat dibudidayakan pada lahan marginal sehingga tidak bersaing dengan tanaman pangan lainnya. Menurut Direktorat Budidaya Sereal Direktorat Jenderal Tanaman Pangan, sejak tahun 2004 hingga 2008 sorgum telah dikembangkan di 6 provinsi dan 12 kabupaten dengan luasan pengembangan mencapai 22,650 ha. Menurut Syafrudin (2011), daerah penghasil sorgum di Indonesia meliputi 31 kabupaten yang tersebar di Jawa, Bali, Sumatera, Nusa Tenggara, Sulawesi, Maluku, dan Papua dengan peluang pengembangan dapat mencapai luasan 6,203,850 ha. Produktivitas sorgum juga cukup tinggi, yaitu sebesar 2.5-6.0 ton/ha dan bahkan dapat mencapai 11 ton/ha bila kelembaban tanah cukup baik (Hoeman 2007). Namun, produktivitas sorgum di tingkat petani hanya sebesar 0.37-1.80 ton/ha (Sirappa 2003).

Pemanfaatan sorgum sangat luas, diantaranya adalah sebagai bahan pangan, pakan, bioetanol, dan bahan industri. Sebagai bahan pangan, sorgum mengandung nutrisi yang cukup tinggi, yaitu karbohidrat (82.93%), protein (7.69%), lemak (1.69%), abu (0.71%), dan serat (3.16%) (Suarni 2004). Selain itu, sorgum juga dapat dimanfaatkan sebagai sumber karbohidrat dengan indeks glikemik rendah. Pemanfaatan sorgum sebagai bahan pangan dapat berupa produk olahan jadi dan produk olahan setengah jadi (Susila 2005). Produk olahan jadi merupakan produk yang siap dikonsumsi, sedangkan produk olahan setengah jadi merupakan produk yang

harus mengalami proses pengolahan lebih lanjut agar dapat dikonsumsi. Produk olahan jadi berbahan sorgum antara lain roti (Hugo *et al.* 2000) dan biskuit (Serrem *et al.* 2010). Produk olahan setengah jadi yang berasal dari sorgum antara lain beras, tepung, dan pati sorgum. Menurut Damardjati *et al.* (2000), pengolahan sorgum menjadi produk setengah jadi seperti tepung dan pati banyak dilakukan karena dapat meningkatkan daya guna sorgum, meningkatkan umur simpan, mempermudah proses pencampuran, mempermudah proses fortifikasi, dan mempermudah proses pemasakan.

Pemanfaatan sorgum dalam bentuk setengah jadi seperti tepung dan pati memiliki prospek yang baik karena dapat diolah menjadi produk-produk dengan karakteristik yang tidak terlalu mengembang dan elastis. Menurut Wijaya (1998), pengembangan tepung sorgum cukup prospektif dalam upaya penyediaan sumber karbohidrat lokal dan bahan substitusi tepung terigu. Hal ini dikarenakan harga sorgum yang relatif lebih murah, umur tanam yang pendek sehingga memiliki produktivitas tinggi per tahun, dan biaya produksi yang cukup rendah. Selain itu, permintaan terhadap pati yang berasal dari industri pangan semakin meningkat dewasa ini. Sorgum yang memiliki kandungan pati tinggi (sekitar 70%) berpotensi untuk dimanfaatkan dalam industri (Zhan *et al.* 2003). Pati yang berasal dari sumber yang berbeda memiliki struktur, ukuran, distribusi bobot molekul, rasio amilosa terhadap amilopektin yang berbeda. Hal tersebut akan berpengaruh terhadap karakteristik termal, karakteristik pasta, dan karakteristik lainnya (Castro *et al.* 2005). Karakteristik suatu pati akan menentukan pemanfaatan pati tersebut, baik sebagai pangan, pakan, atau industri lainnya seperti industri kertas dan tekstil. Oleh sebab itu, sangat penting untuk mengetahui karakteristik pati sorgum agar dapat dimanfaatkan sesuai dengan potensinya dalam industri.

B. TUJUAN PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan mengkarakterisasi pati sorgum sehingga informasi karakter pati ini dapat dimanfaatkan dalam penggunaan sorgum sebagai sumber pati.

C. MANFAAT PENELITIAN

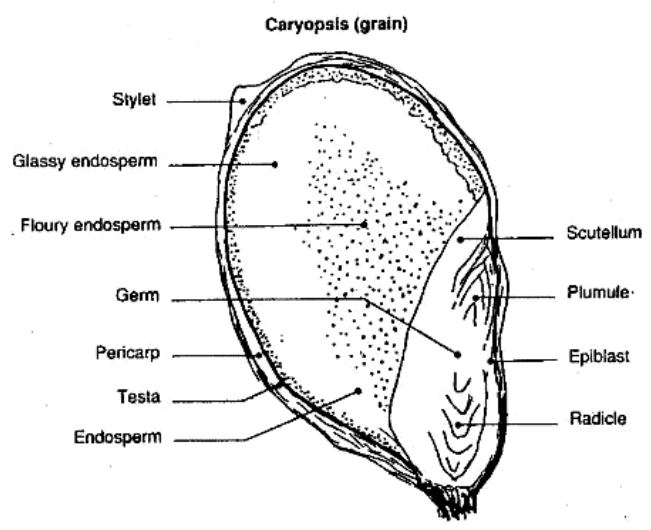
Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai karakter pati sorgum sehingga dapat dimanfaatkan sesuai potensinya dalam industri.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. SORGUM

1. Karakteristik Sorgum

Sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench) merupakan tanaman biji-bijian yang berasal dari Afrika. Menurut Laimeheriwa (1990), biji sorgum tersusun atas kulit luar (8%), endosperm (82%), dan lembaga (10%) seperti yang terlihat pada Gambar 1. Menurut Mujisihono dan Suprpto (1987), lapisan kulit luar tersusun atas perikarp dan testa. Lapisan perikarp tersusun atas epikarp, mesokarp, dan endokarp. Epikarp merupakan bagian terluar dari perikarp yang tersusun atas dua atau tiga lapisan memanjang dan pada varietas tertentu mengandung pigmen. Lapisan mesokarp merupakan lapisan tengah yang cukup tebal, berbentuk poligonal, dan mengandung sedikit granula pati. Lapisan endokarp tersusun atas sel menyilang dan berbentuk tabung. Bagian ini akan rusak selama proses penggilingan yang menghilangkan kulit luar. Lapisan testa terletak di antara lapisan perikarp dan aleuron. Lapisan testa tidak ber dinding sel, bersifat padat, dan rapat. Sebagian besar pigmen terdapat dalam lapisan ini. Ketebalan lapisan testa bervariasi untuk setiap varietas. Bagian endosperm terdiri atas lapisan aleuron, lapisan luar endosperm (horny endosperm), dan lapisan dalam endosperm (floury endosperm). Bagian lembaga terletak pada dasar biji dan menempel dengan kuat sehingga sulit untuk dihilangkan pada proses penggilingan (Sinuseng dan Prabowo 1999).



Gambar 1. Struktur biji sorgum (FAO 2010)

Biji sorgum umumnya berbentuk oval dengan salah satu ujungnya meruncing. Pada ujung yang meruncing terdapat bagian yang cekung berwarna hitam tempat embrio. Berat biji sorgum bervariasi antara 8-50 mg dengan rata-rata 28 mg. Berdasarkan ukurannya, biji sorgum dibedakan menjadi sorgum biji kecil (8-10 mg), sorgum biji sedang (12-24 mg), dan sorgum biji besar (25-35 mg) (Laimeheriwa 1990). Sorgum merupakan biji-bijian yang mengandung nilai nutrisi yang baik. Komposisi kimia biji sorgum didominasi oleh karbohidrat. Sebagian besar karbohidrat terkandung di dalam endosperm. Kandungan

karbohidrat yang tinggi menyebabkan sorgum dapat dimanfaatkan sebagai sumber pati dalam industri. Kandungan protein pada biji sorgum juga cukup tinggi dan tersebar sebagian besar dalam lembaga. Kandungan lemak dan mineral juga sebagian besar terdapat di dalam lembaga. Komposisi kimia biji sorgum dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi kimia biji sorgum

Bagian biji	Komposisi kimia biji sorgum (%)				
	Karbohidrat	Protein	Lemak	Abu	Serat
Biji utuh	73.80	12.30	3.60	1.67	2.20
Endosperm	82.50	12.30	0.60	0.37	1.30
Kulit biji	34.60	6.70	4.90	2.02	8.60
Lembaga	13.40	18.90	28.10	10.36	2.60

Biji utuh	Kandungan mineral (ppm)			
	Ca	Fe	Zn	P
	320	45	26	358

Sumber: FAO (2010)

2. Produktivitas Sorgum

Sorgum dapat tumbuh di daerah tropis maupun subtropis. Sorgum juga dapat dibudidayakan pada segala jenis tanah, termasuk lahan marginal (Puslitbang Tanaman Pangan 1993). Suhu optimum bagi pertumbuhan sorgum adalah 23-30°C dengan kelembaban relatif 20-40%. Tanaman sorgum dapat tumbuh pada daerah dengan curah hujan 400-600 mm (Dicko *et al.* 2006). Tanaman sorgum juga dapat tumbuh pada lahan yang tidak dapat ditumbuhi oleh tanaman lainnya (Laimeheriwa 1990). Daya adaptasi yang luas menyebabkan tanaman sorgum berpotensi untuk dikembangkan di Indonesia.

Menurut *International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics* (ICRISAT) (2004), penyebaran sorgum di dunia sebesar 59% terdapat di Afrika, 25% di Asia, 11% di Amerika Utara dan Tengah, dan 4% di Amerika Selatan. Negara-negara Asia berkontribusi sebesar 46% terhadap total produksi sorgum dunia. Produktivitas sorgum di Asia terpusat di Cina dan India. Indonesia termasuk dalam penyebaran wilayah budidaya sorgum di Asia, walaupun persentasenya kecil bila dibandingkan dengan Cina dan India. Pengembangan sorgum di Indonesia dapat membantu peningkatan produktivitas lahan kosong seperti lahan marginal, lahan tidur, dan atau lahan non-produktif lainnya yang jumlahnya sangat luas di Indonesia. Sentra penghasil sorgum di Indonesia tersebar di sekitar Pulau Jawa dan Nusa Tenggara seperti yang terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Persebaran daerah penghasil sorgum di Indonesia

Propinsi	Daerah Penghasil
Jawa Barat	Indramayu, Cirebon, Kuningan, Ciamis, Garut, Cianjur, dan Sukabumi
Jawa Tengah	Tegal, Kebumen, Kendal, Demak, Grobogan, Boyolali, Sukoharjo, dan Wonogiri
DI. Yogyakarta	Kulon Progo, Sleman, Bantul, dan Gunung Kidul
Jawa Timur	Pacitan, Bojonegoro, Tuban, Lamongan, Bangkalan, Pamekasan, Sampang, Sumenep, Pasuruan, Probolinggo, Malang, dan Lumajang
NTB	Lombok Tengah, Sumbawa, Dompu, dan Bima
NTT	Sumba Barat, Sumba Timur, Manggarai, Ngada, Ende, Sikka, Flores Timur, Lembata, Alor, Timor Tengah Utara, Kupang, Belu, Timor Tengah Selatan, dan Rote Ndao

Sumber: Direktorat Jenderal Tanaman Pangan Departemen Pertanian (2007)

Produktivitas sorgum di Indonesia cukup bervariasi dan masih relatif lebih rendah dibandingkan dengan produktivitas potensial. Hal ini dikarenakan budidaya, penelitian, dan pengembangan tanaman sorgum masih sangat terbatas di Indonesia. Selain itu, produk yang berasal dari tanaman sorgum juga belum populer di masyarakat. Tabel 3 menunjukkan luas tanam, jumlah produksi, dan produktivitas sorgum di beberapa daerah di Indonesia yang teridentifikasi pada tahun 2003. Pada tahun 2007, produksi sorgum telah mencapai 57,000 ton dengan luas tanam 19,000 ha dan pada tahun 2009 meningkat menjadi 75,000 ton. Berdasarkan hasil survei dengan beberapa pihak terkait, budidaya tanaman sorgum juga dilakukan di daerah Banjarnegara, Kabupaten Bandung dengan luas tanam sekitar 1,200 ha. Dari 70,000 tegakan batang sorgum, diperkirakan produktivitas sorgum yang dihasilkan dapat mencapai 4.5 ton/ha/panen dengan setiap pohon sorgum menghasilkan rata-rata 1-2 kg biji sorgum (berat basah).

Tabel 3. Rata-rata luas tanam dan produktivitas sorgum di beberapa daerah di Indonesia

Tempat	Tahun	Luas Tanam (ha)	Produksi (t)	Produktivitas (t/ha)
Jawa Tengah	1973-1983	15,309	17,350	1.13
Jawa Timur	1984-1988	5,963	10,522	1.76
DI Yogyakarta	1974-1980	1,813	670	0.37
NTB	1993/1994	30	54	1.80
NTT	1993/1994	26	39	1.50

Sumber: Sirappa (2003)

3. Proses Penyosohan Sorgum

Biji sorgum harus memiliki karakteristik yang disukai agar dapat diterima oleh masyarakat. Karakteristik yang disukai dapat berupa sifat sensori yang baik, sifat fungsional yang baik, dan rendemen penyosohan yang tinggi. Penyosohan merupakan proses awal sebelum pengolahan lebih lanjut menjadi produk pangan berbahan baku sorgum. Sebelum dilakukan proses penyosohan, terlebih dahulu dilakukan sortasi untuk

memisahkan biji yang tidak layak dari biji sorgum yang berkualitas. Menurut SNI 01-3157-1992, syarat mutu biji sorgum antara lain kadar air maksimal 14%, jumlah biji pecah maksimal 6%, jumlah kotoran maksimal 1.5%, jumlah biji rusak maksimal 4.5%, serta tidak terdapat bulu tikus, kotoran tikus, dan serangga hidup atau mati. Proses sortasi bertujuan untuk mengendalikan mutu biji sorgum. Sortasi dapat didasarkan pada beberapa parameter seperti jenis, warna, ukuran, dan jumlah kontaminan. Setelah proses sortasi, dilakukan proses pembersihan untuk memisahkan biji sorgum dari kontaminan fisik seperti batu, pasir, sisa daun, sisa tangkai, dan kaca. Menurut Waries (2010), prinsip dasar pembersihan adalah memanfaatkan perbedaan ukuran dan berat biji dengan kontaminan.

Proses penyosohan bertujuan membuang lapisan perikarp dan testa dari bagian endosperm. Menurut Mudjisihono dan Suprpto (1987), proses penyosohan dapat meningkatkan daya cerna dan warna biji sorgum yang dihasilkan. Lapisan kulit biji sorgum banyak mengandung serat (Tabel 1) sehingga menurunkan daya cerna biji sorgum. Pada lapisan testa juga terdapat pigmen yang menyebabkan rendahnya derajat putih biji sorgum. Selain membuang lapisan perikarp dan testa, proses penyosohan sorgum juga membuang bagian lembaga biji sorgum. Menurut Sinuseng dan Prabowo (1999), biji sorgum memiliki permukaan kulit yang lebih licin jika dibandingkan dengan kulit biji padi. Daya lekat kulit pada endosperm sorgum juga sangat kuat sehingga menjadi masalah pada proses penyosohan. Prinsip yang digunakan pada proses penyosohan biji sorgum sama dengan prinsip penyosohan biji-bijian lain, yaitu penggosokan. Menurut Waries (2010), terdapat dua cara penggosokan pada mesin penyosoh, yaitu menggerinda dengan satu permukaan kasar dan menekan serta menggesek dengan permukaan rata atau datar. Berdasarkan dua cara penggosokan, mesin penyosoh digolongkan menjadi tipe gerinda dan tipe gesekan. Mesin penyosoh tipe gerinda dikenal dengan mesin penyosoh tipe abrasif, sedangkan tipe gesekan disebut juga tipe tekanan. Mesin penyosoh tipe abrasif biasanya menggunakan permukaan gesek yang terbuat dari batu, sedangkan tipe gesekan terbuat dari besi atau baja.

Terdapat beberapa parameter yang mempengaruhi hasil penyosohan, yaitu jumlah *feed* (jumlah bahan yang dimasukkan dalam mesin penyosoh), waktu sosoh, dan karakteristik biji yang disosoh. Jumlah *feed* yang semakin banyak akan meningkatkan derajat penyosohan karena gesekan yang terjadi antarbiji juga membantu proses penyosohan. Namun, jumlah *feed* juga tidak boleh berlebihan karena dapat menyebabkan tidak dapat Bergeraknya biji di dalam mesin penyosoh. Jika biji di dalam mesin penyosoh tidak dapat bergerak, biji tersebut tidak akan tersosoh dengan baik dan langsung pecah. Demikian pula dengan waktu sosoh. Semakin lama waktu sosoh, derajat sosoh akan semakin meningkat. Namun, derajat sosoh yang semakin meningkat menyebabkan penurunan rendemen hasil penyosohan. Hal ini disebabkan bagian endosperm yang ikut terbuang selama proses penyosohan. Oleh karena itu dalam penyosohan perlu dilakukan uji derajat putih biji tersosoh. Karakteristik biji yang disosoh dapat berupa bentuk, kelekatan kulit biji dengan endosperm, dan kadar air biji. Pada mesin penyosoh tipe tekanan, besarnya tekanan yang diberikan juga mempengaruhi hasil penyosohan.

B. PATI

1. Amilosa dan Amilopektin

Pati merupakan sumber energi utama yang tersimpan dalam biji-bijian. Pati tersimpan dalam bentuk granula di dalam endosperm. Bentuk dan ukuran granula pati

berbeda-beda untuk setiap jenis tanaman penghasil pati. Granula pati tersusun atas dua homopolisakarida yang memiliki bobot molekul tinggi. Kedua homopolisakarida tersebut adalah amilosa dan amilopektin. Rasio amilosa dan amilopektin bervariasi untuk setiap jenis tanaman penghasil pati.

Granula pati juga masih mengandung mineral, protein, dan lipid meskipun dalam jumlah yang sangat kecil. Namun demikian, komponen minor tersebut berpengaruh terhadap sifat fungsional pati. Hoover dan Manuel (1995) melaporkan bahwa lipid dan protein yang membentuk kompleks di dalam dan di permukaan granula menghasilkan variasi sifat fungsional. Amilosa merupakan polimer linier rantai panjang yang tersusun atas molekul glukosa yang dihubungkan oleh ikatan α -(1,4) dan α -(1,6) pada setiap 300-1000 residu glukosa. Bobot molekul amilosa sekitar 5×10^5 - 1×10^6 Da dengan derajat polimerisasi 10^3 - 10^4 (Roder *et al.* 2005). Molekul amilosa bersifat hidrofilik karena memiliki banyak gugus hidroksil. Untaian heliks amilosa dapat berikatan dengan iodine dan menghasilkan warna biru gelap yang menjadi dasar dalam mekanisme penentuan kadar amilosa (Knutson dan Grove 1994).

Amilopektin tersusun atas molekul anhidroglukosa yang dihubungkan oleh ikatan α -(1,4) dengan percabangan pada ikatan α -(1,6) pada setiap 20 residu glukosa. Amilopektin memiliki bobot molekul sekitar 10^7 Da dengan derajat polimerisasi 5×10^4 - 5×10^5 . Rata-rata molekul amilopektin memiliki panjang 200-400 nm dan lebar 15 nm dengan percabangan yang terdistribusi teratur pada interval 7-10 nm (Roder *et al.* 2005). Jane *et al.* (1999) melaporkan bahwa pola percabangan dan panjang rantai cabang amilopektin berperan besar dalam mempertahankan molekul air dan dalam peningkatan viskositas pasta pati.

2. Gelatinisasi Pati

Amilosa dan amilopektin dalam granula pati tidak dapat menyerap air dingin. Saat granula pati berada dalam lingkungan berair dan dipanaskan, granula pati akan membesar akibat peregangan setiap lapisan lamela dan pembentukan ikatan kovalen gugus hidroksil dari fraksi pati dengan air yang masuk di antara rantai karbon penyusun pati. Selama proses peregangan, amilosa dapat keluar dari granula (Fennema 1996). Kemampuan granula pati untuk mengembang ditentukan oleh tipe struktur kristal granula, berat molekul (derajat polimerisasi glukosa), dan pola percabangan amilopektin. Peregangan granula pati berawal dari penyerapan molekul air di dalam bagian amorf granula (Donald 2001). Selanjutnya bagian ini akan menginduksi pengembangan bagian kristalin sehingga kerangka amilopektin pada titik percabangan saling terlepas. Pengembangan granula pati mencapai maksimal pada suhu gelatinisasi sehingga viskositas suspensi pati akan meningkat secara drastis.

Waxy starch mengalami pengembangan lebih besar dibandingkan pati dengan kadar amilosa normal. Adanya lemak dan amilosa dapat menghambat pengembangan pati. Suhu saat perubahan *irreversible* mulai terjadi disebut suhu awal gelatinisasi (T_o). Suhu awal gelatinisasi berbeda untuk setiap pati. Perbedaan struktur dan karakteristik kimia seperti rasio amilosa dan amilopektin menyebabkan setiap jenis pati memberikan respon yang berbeda terhadap perlakuan hidrotermal. Kisaran suhu gelatinisasi (ΔT) dipengaruhi oleh beberapa faktor. Kandungan air di bawah 30% memberikan nilai ΔT yang lebih besar dibanding keadaan air berlebih. Pati dengan kandungan amilopektin yang tinggi seperti *waxy starch* memiliki suhu gelatinisasi yang lebih tinggi dibanding pati dengan kandungan

amilosa yang tinggi. Hal ini dikarenakan peningkatan kandungan amilopektin yang menyebabkan peningkatan struktur kristalin dalam granula pati (Roder *et al.* 2005).

Perubahan *irreversible* pada granula pati tidak terjadi pada waktu yang bersamaan, tetapi terjadi pada kisaran suhu, biasanya 5°C hingga 10°C. Granula pati secara individual memiliki kerentanan terhadap perubahan suhu dan mulai kehilangan struktur *birefringence* pada suhu yang spesifik untuk setiap granula (Tester *et al.* 2004). Pada granula pati sereal, granula pati yang berukuran besar lebih rentan terhadap gelatinisasi dibanding granula yang berukuran kecil. Hal ini mungkin disebabkan granula pati yang berukuran kecil memiliki kandungan lemak yang lebih tinggi (Jenkins dan Donald 1995). Pemanasan lebih lanjut di atas suhu gelatinisasi menyebabkan rusaknya dinding granula sehingga isi granula terbebaskan ke dalam medium dan menghasilkan pasta (Fennema 1996). Pasta pati akan membentuk gel jika didinginkan.

3. Pati Sorgum

Pati sorgum memiliki karakteristik yang hampir sama dengan pati jagung. Bentuk granula pati sorgum sama dengan pati jagung, tetapi ukurannya lebih besar. Pati sorgum berdiameter antara 5-25 μm dengan rata-rata 15 μm . Terdapat sedikit perbedaan pada karakteristik reologi pati sorgum dan jagung, seperti kapasitas pengembangan dan viskositas pasta (Rooney dan Clark 1968). Suhu gelatinisasi pati sorgum berkisar antara 71°C hingga 80°C, dimana lebih tinggi dari pati jagung yang memiliki suhu gelatinisasi 62°C hingga 72°C. Hal ini menyebabkan sorgum membutuhkan waktu pemasakan yang lebih lama dan energi termal yang lebih besar selama proses (Waniska dan Rooney 2000). Kadar amilosa pada pati sorgum dipengaruhi oleh varietasnya. *Waxy* sorgum memiliki kadar amilosa kurang dari 1%, sedangkan sorgum biasa memiliki kadar amilosa 10-17%. Tidak ada perbedaan kadar pati yang signifikan antara sorgum merah dan putih (Dicko *et al.* 2006).

Berdasarkan klasifikasi Scoch dan Maywald (1968), terdapat empat tipe profil amilografi pati. Pati tipe A memiliki kemampuan pengembangan yang besar dan biasa terdapat pada umbi-umbian seperti kentang, singkong, maupun *waxy starch*. Pati tipe B banyak ditemukan pada sereal, memiliki kemampuan pengembangan yang sedang, dan menunjukkan viskositas pasta yang rendah. Pati tipe C memiliki kemampuan pengembang terbatas, tidak menunjukkan viskositas puncak, bahkan menunjukkan viskositas konstan selama pemasakan. Pati tipe C banyak ditemukan pada Leguminaceae dan *cross bonded starch*. Pati tipe D merupakan pati dengan pengembangan yang sangat terbatas, bahkan tidak cukup mengembang untuk memberikan viskositas pasta selama pemasakan. Jenis pati ini biasa ditemukan pada pati dengan kadar amilosa lebih dari 55%. Menurut Beta dan Corke (2001), pati sorgum tergolong dalam pati tipe B.

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. BAHAN DAN ALAT

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian adalah sorgum varietas numbu, sorgum varietas genjah dari Gunung Kidul, air, *aquades*, NaOH 0.25%, K₂SO₄, HgO, H₂SO₄ pekat, 60% NaOH-5% Na₂S₂O₃, H₃BO₃, indikator metilen red-metilen blue, HCl 0.02 N, heksana, Na₂S₂O₃.5H₂O, Na₂CO₃, KIO₃, KI, HCl 2 N, indikator pati, HCl 25%, indikator phenolptalein, NaOH 45%, pereaksi Luff Schoorl, KI 20%, H₂SO₄ 26.5%, Na₂S₂O₃ 0.1 N, amilosa murni, etanol 95%, NaOH 1 N, asam asetat 1 N, dan larutan iod.

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian adalah Satake *Grain Testing Mill*, KETT *Digital Whiteness Meter Model C-100*, *Rapid Visco Analyzer (RVA)*, *Differential Scanning Calorimetry (DSC)-60*, *Scanning Electron Microscope (SEM)*, nampan, alat semprot, kemas alumunium, timbangan, wadah untuk merendam, kertas pH, blender kering, kain saring 80 mesh, kain saring 100 mesh, kain saring 200 mesh, rumah kaca, oven, cawan alumunium, desikator, gegap, neraca analitik, sudip, cawan porselin, tanur, labu Kjeldahl, pipet mohr, pipet tetes, gelas ukur, pengaduk kaca, alat destilasi, erlenmeyer, buret, labu lemak, alat ekstraksi soxhlet, kertas saring, kapas, gelas piala, labu takar, pendingin balik, *alumunium foil*, corong, tabung reaksi, kuvet, dan spektrofotometer.

B. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dibagi menjadi tiga tahap, yaitu: (1) penyosohan sorgum varietas numbu, (2) isolasi pati sorgum, serta (3) karakterisasi pati sorgum.

1. Penyosohan Sorgum Varietas Numbu

Pada penelitian tahap pertama, dilakukan penyosohan pada sorgum varietas numbu. Proses penyosohan hanya dilakukan pada varietas numbu karena sampel yang diperoleh belum disosoh. Alat penyosoh yang digunakan adalah Satake *Grain Testing Mill* yang merupakan alat penyosoh tipe abrasif (Gambar 2). Sebelum melakukan penyosohan, dilakukan penentuan kadar air yang tepat untuk proses penyosohan. Penentuan kadar air bertujuan untuk menghasilkan sorgum sosoh dengan rendemen dan keutuhan biji yang tinggi.

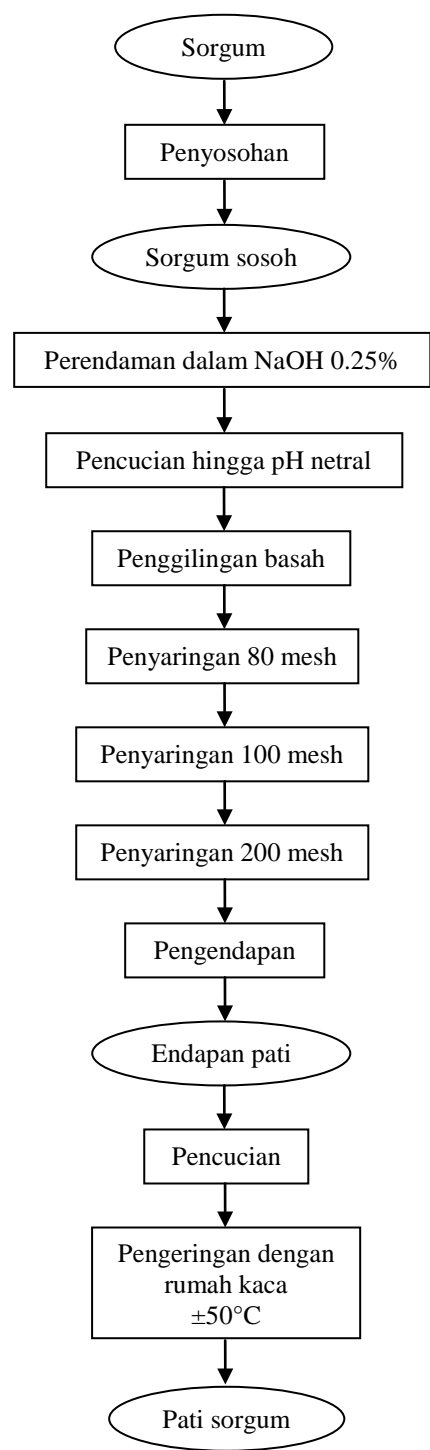


Gambar 2. Satake *Grain Testing Mill*

Penyesuaian kadar air (*tempering/conditioning*) dilakukan dengan menambahkan air sebanyak 0, 20, 30, 40, dan 50 ml ke dalam 1 kg sorgum. Proses penambahan air dilakukan dengan penyemprotan menggunakan botol semprot agar air tersebar merata. Jika air yang ditambahkan tidak merata, akan terjadi penumpukan air pada sebagian tempat yang menyebabkan terjadinya kebusukan biji sorgum. Setelah dilakukan penambahan air, dilakukan *conditioning* selama 24 jam agar kadar air sorgum setimbang. Proses *conditioning* dilakukan dengan mengemas sorgum yang telah ditambah air dalam kemasan aluminium. Proses penyosohan dilakukan selama satu menit dengan jumlah *feed* 100 dan 200 gram. Setelah proses penyosohan selesai, dilakukan perhitungan rendemen penyosohan.

2. Isolasi Pati Sorgum (Sira dan Amaiz 2004 yang dimodifikasi)

Isolasi pati sorgum varietas numbu diawali dengan proses penyosohan sesuai dengan kadar air dan jumlah *feed* yang diperoleh dari penelitian tahap pertama. Proses penyosohan tidak dilakukan pada sorgum varietas genjah karena biji sorgum yang diperoleh telah mengalami proses penyosohan. Setelah proses penyosohan, biji sorgum direndam dalam larutan NaOH 0.25%. Perendaman dalam larutan NaOH bertujuan mencegah pertumbuhan mikroba selama proses perendaman, mempermudah proses penggilingan, dan meningkatkan proses *bleaching*. Setelah direndam semalam, biji sorgum dicuci hingga mencapai pH netral. Selanjutnya, dilakukan proses penggilingan basah dengan menggunakan blender selama 2 menit. Sorgum yang telah digiling kemudian disaring dengan kain saring 80 mesh. Penyaringan dengan kain saring 80 mesh diulangi sebanyak 4 kali. Setelah penyaringan 80 mesh, dilakukan penyaringan 100 dan 200 mesh. Larutan hasil penyaringan 200 mesh kemudian diendapkan selama semalam dan dilakukan pencucian terhadap endapan pati yang dihasilkan. Pati yang diperoleh kemudian dikeringkan di dalam rumah kaca. Diagram alir proses isolasi sorgum dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram alir proses isolasi pati sorgum

3. Karakterisasi Pati Sorgum

Karakterisasi pati sorgum yang dilakukan meliputi perhitungan rendemen, analisis proksimat, kadar pati metode Luff Schoorl, kadar amilosa, densitas kamba, derajat putih,

dinginkan dalam desikator, labu beserta lemak ditimbang (C). Kadar lemak contoh dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$Kadar\ lemak\ (\% bb) = \frac{C - A}{B} \times 100$$

$$Kadar\ lemak\ (\% bk) = \frac{Kadar\ lemak\ (\% bb)}{100 - Kadar\ air\ (\% bb)} \times 100$$

e. Kadar Protein (AOAC 2006)

Sampel sebanyak ±100-250 mg dimasukkan kedalam labu Kjeldahl, ditambah dengan 1±0.1 g K₂SO₄, 40±10 mg HgO dan 2±0.1 ml H₂SO₄ pekat. Sampel didestruksi selama 30 menit hingga cairan menjadi jernih. Isi labu dipindahkan ke dalam alat destilasi dan dibilas 5-6 kali dengan air destilata sebanyak 1-2 ml, kemudian ditambahkan 8-10 ml campuran larutan 60% NaOH-5% Na₂S₂O₃. Labu tersebut disambungkan dengan alat destilasi dan kondensor yang telah dilengkapi dengan penampung yang berisi larutan H₃BO₃. Destilasi dilakukan sampai diperoleh volume destilat sebanyak 15 ml, kemudian destilat dititrasi dengan HCl 0.02 N sampai larutan berubah warna dari hijau menjadi abu-abu. Indikator yang digunakan dalam titrasi ini adalah campuran dua bagian 0.2% metil merah dalam etanol dan satu bagian 0.2% metilen biru dalam etanol. Sebelum digunakan, HCl terlebih dahulu distandardisasi menggunakan NaOH dengan indikator fenolftalein. NaOH sebelumnya distandardisasi menggunakan larutan kaliumhidrogenftalat (KHP) dengan indikator fenolftalein. Kadar protein contoh dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$Kadar\ N\ (\%) = \frac{(ml\ HCl\ contoh - ml\ HCl\ blanko) \times [HCl] \times 14.007}{gram\ sampel} \times 100$$

$$Kadar\ protein\ (\% bb) = kadar\ N \times faktor\ konversi$$

$$Faktor\ konversi = 6.25$$

$$Kadar\ protein\ (\% bk) = \frac{Kadar\ protein\ (\% bb)}{100 - Kadar\ air\ (\% bb)} \times 100$$

f. Kadar Karbohidrat (by difference)

Kadar karbohidrat dihitung secara *by difference* dengan menggunakan persamaan berikut:

$$Kadar\ karbohidrat\ (\% bb) = 100\% - (A + B + C + D)$$

dimana:

- A = kadar air (% bb)
- B = kadar abu (% bb)
- C = kadar lemak (% bb)
- D = kadar protein (% bb)

$$Kadar\ karbohidrat\ (\% bk) = \frac{Kadar\ karbohidrat\ (\% bb)}{100 - Kadar\ air\ (\% bb)} \times 100$$

g. Kadar Pati Metode Luff Schoorl (Sudarmadji et al. 1997 yang dimodifikasi)

- Pembuatan larutan Luff Schoorl
 - Sebanyak 12.5 g CuSO₄.5H₂O dilarutkan dalam 50 ml air destilata (larutan A).
 - Sebanyak 25 g asam sitrat dilarutkan dalam 25 ml air destilata (larutan B). Larutan C dibuat dengan melarutkan 194 g Na₂CO₃.10H₂O dalam 150-200 ml air mendidih. Larutan B kemudian dituang ke dalam larutan C dan diaduk. Selanjutnya Larutan A

ditambahkan ke dalam campuran larutan B dan C. Setelah dingin, tambahkan air destilata hingga volume 500 ml.

- Standardisasi larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0.1 N
Larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0.1 N dibuat dengan mencampurkan 12.5 g $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ dan 0.15 g Na_2CO_3 , kemudian ditambahkan air destilata hingga volume 500 ml. Standardisasi larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0.1 N dilakukan dengan menimbang 140-150 mg KIO_3 ke dalam erlenmeyer 300 ml. Kemudian larutkan dengan air destilata secukupnya dan tambahkan ± 2 g KI. Larutan tersebut dibuat dua kali ulangan. Tambahkan 10 ml HCL 2 N ke dalam larutan (titrasi harus segera dilakukan setelah penambahan HCl). Titrasi dilakukan dengan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0.1 N yang akan distandardisasi hingga warna larutan berubah dari merah bata menjadi kuning pucat. Selanjutnya ditambahkan 1-2 ml larutan pati dan titrasi dilanjutkan hingga warna biru menghilang. Normalitas larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0.1 N dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\text{Normalitas } \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = \frac{g \text{ KIO}_3}{0.03567 \times ml \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}$$

- Pengukuran sampel
Sebanyak ± 0.1 g sampel dan 5 ml HCl 25% dimasukkan ke dalam gelas piala pendingin balik, kemudian direfluks selama 3 jam. Setelah selesai, netralkan pH larutan dengan larutan NaOH 45%. Tambahkan air destilata hingga volume larutan 100 ml. Larutan tersebut kemudian disaring dengan kertas saring. Sebanyak 25 ml filtrat dimasukkan ke dalam erlenmeyer, kemudian ditambah 25 ml larutan Luff Schoorl. Tutup erlenmeyer dengan aluminium foil dan panaskan hingga larutan mendidih. Lakukan pemanasan selama 10 menit sejak larutan mendidih. Setelah 10 menit, dinginkan larutan secara cepat dengan merendam larutan dalam air es. Selanjutnya, 15 ml KI 20% dan 25 ml H_2SO_4 26.5% ditambahkan ke dalam larutan. Lakukan titrasi dengan larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0.1 N yang telah distandardisasi hingga warna larutan berubah dari merah bata menjadi kuning pucat. Tambahkan 1-2 ml larutan pati dan lanjutkan titrasi hingga warna biru menghilang. Pengukuran blanko juga dilakukan dengan mengganti 25 ml filtrat sampel dengan 25 ml air destilata. Penetapan bobot glukosa dilakukan dengan membandingkan volume $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ yang digunakan dalam tabel Luff Schoorl (Lampiran 1). Kadar pati contoh dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\text{volume } \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \text{ yang digunakan} = (V_b - V_s) \times \frac{N \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}{0.1 N}$$

$$\text{Kadar gula (\%)} = \frac{\text{bobot glukosa} \times FP \times 100\%}{\text{bobot sampel}}$$

$$\text{Kadar pati (\%)} = \text{kadar gula} \times 0.9$$

dimana:

V_b = volume $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ yang digunakan untuk titrasi blanko

V_s = volume $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ yang digunakan untuk titrasi sampel

FP = faktor pengenceran

h. Kadar Amilosa (Apriyanto *et al.* 1989)

- Pembuatan kurva standar
Sebanyak 40 g amilosa murni dimasukkan ke dalam labu takar 100 ml, ditambahkan 1 ml etanol 95%, dan 9 ml larutan NaOH 1 N. Kemudian labu takar dipanaskan

dalam penangas air pada suhu 95°C selama 10 menit. Setelah didinginkan, ditambahkan air destilata hingga tanda tera. Larutan tersebut digunakan sebagai larutan stok. Pipet larutan stok sebanyak 1, 2, 3, 4, dan 5 ml ke dalam labu takar 100 ml. Larutan asam asetat 1 N ditambahkan sebanyak 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, dan 1.0 ml ke dalam masing-masing labu takar. Kemudian ditambahkan 2 ml larutan iod (0.2 g I₂ dan 2 g KI dilarutkan dalam 100 ml air destilata) ke dalam setiap labu takar, lalu ditera dengan air destilata. Larutan dibiarkan selama 20 menit, lalu diukur absorbansinya dengan menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 625 nm. Kurva standar yang diperoleh menunjukkan hubungan antara kadar amilosa dan absorbansi.

• Pengukuran sampel

Sebanyak 100 mg sampel dimasukkan ke dalam tabung reaksi. Kemudian ditambahkan 1 ml etanol 95% dan 9 ml larutan NaOH 1 N ke dalam tabung reaksi. Tabung reaksi kemudian dipanaskan dalam penangas air pada suhu 95°C selama 10 menit. Larutan gel pati dipindahkan ke dalam labu takar 100, ditambahkan air destilata hingga tanda tera, dan dihomogenkan. Larutan dipipet sebanyak 5 ml ke dalam labu takar 100 ml. Tambahkan 1 ml larutan asam asetat 1 N dan 2 ml larutan iod ke dalam labu takar tersebut, lalu ditera dengan air destilata. Larutan dibiarkan selama 20 menit, lalu diukur absorbansinya dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 625 nm. Kadar amilosa contoh dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\text{Kadar amilosa (\%)} = \frac{C \times V \times FP \times 100}{W}$$

dimana:

- C = konsentrasi amilosa contoh dari kurva standar (mg/ml)
- V = volume akhir contoh (ml)
- W = bobot sampel (mg)
- FP = faktor pengenceran

i. **Densitas Kamba (Okezie dan Bello 1988)**

Sampel dimasukkan ke dalam gelas ukur 10 ml yang telah diketahui bobotnya. Gelas ukur yang telah berisi sampel diketuk-ketukkan ke meja hingga tidak ada lagi rongga ketika sampel ditepatkan menjadi 10 ml. gelas ukur yang berisi sampel tersebut kemudian ditimbang. Densitas kamba dapat dihitung dari hasil pembagian berat sampel dengan volumenya.

j. **Derajat Putih**

Pengukuran derajat putih dilakukan dengan menggunakan alat KETT Digital Whiteness Meter Model C-100 (Gambar 4). Spesifikasi alat ini dapat dilihat pada Lampiran 2. Sejumlah sampel dimasukkan ke dalam wadah sampel hingga tidak terdapat rongga, kemudian wadah sampel ditutup. Masukkan wadah berisi MgO ke dalam alat sebagai standar. Selanjutnya keluarkan wadah berisi MgO dan masukkan wadah berisi sampel ke dalam alat. Lakukan pengukuran sebanyak sembilan kali. Nilai derajat putih contoh dapat diperoleh dengan persamaan berikut:

$$\text{Derajat putih (\%)} = \frac{\text{rata - rata nilai derajat putih sampel}}{110} \times 100$$



Gambar 4. KETT *Digital Whiteness Meter* Model C-100

k. Profil Gelatinisasi Pati (Singh *et al.* 2010)

Analisis profil gelatinisasi pati dilakukan dengan menggunakan *Rapid Visco Analyzer* (RVA) seperti yang terlihat pada Gambar 5. Spesifikasi RVA dapat dilihat pada Lampiran 3. Sebelum dilakukan pengukuran dengan RVA, kadar air sampel harus diukur terlebih dahulu. Sejumlah sampel dan air destilata ditimbang dan dimasukkan ke dalam *canister*. Jumlah sampel dan air destilata ditentukan oleh program pada alat RVA sesuai dengan kadar air sampel. Selanjutnya, campuran tersebut diaduk menggunakan *paddle* plastik hingga bercampur sempurna untuk menghindari pembentukan gumpalan sebelum dimasukkan ke dalam RVA.

Sampel kemudian dimasukkan pada alat RVA dan dilakukan analisis. Selanjutnya, dilakukan siklus pemanasan dan pendinginan dengan pengadukan konstan yang diatur selama 23 menit. Sampel dipanaskan hingga suhu 30°C dan dipertahankan selama 1 menit. Kemudian sampel dipanaskan lagi hingga suhu 95°C selama 7.5 menit. Suhu 95°C dipertahankan selama 5 menit sebelum didinginkan hingga suhu 50°C selama 7.5 menit. Suhu 50°C dipertahankan selama 2 menit. Parameter yang diamati adalah suhu awal gelatinisasi, viskositas maksimum (*peak viscosity*), viskositas pada suhu 95°C, viskositas pada suhu 50°C, viskositas *breakdown*, dan viskositas *setback*.



Gambar 5. *Rapid Visco Analyzer*

l. Bentuk dan Ukuran Granula Pati (Sang *et al.* 2008)

Analisis bentuk dan ukuran granula pati dilakukan dengan menggunakan alat Scanning Electron Microscope (SEM) Model JSM-5310LV (Gambar 6). Spesifikasi alat yang digunakan dapat dilihat pada Lampiran 4. Sejumlah sampel ditaburkan setipis mungkin di atas wadah logam yang telah ditempel dengan *double tape*. Penaburan sampel setipis

mungkin bertujuan agar gambar granula yang diperoleh tidak saling bertumpuk. Selanjutnya dilakukan pelapisan emas pada sampel menggunakan *ion coater* (Gambar 7). Spesifikasi *ion coater* dapat dilihat pada Lampiran 5. Proses pelapisan bertujuan menjadikan sampel bersifat konduktif. Setelah proses pelapisan selesai, sampel dimasukkan ke dalam SEM untuk difoto dan diukur.



Gambar 6. Scanning Electron Microscope Model JSM-5310LV



Gambar 7. Ion coater

m. Analisis *Differential Scanning Calorimetry* (DSC) (Singh *et al.* 2010 yang dimodifikasi)

Analisis termal gelatinisasi pati dilakukan dengan menggunakan alat *Differential Scanning Calorimetry* (DSC)-60 (Gambar 8). Spesifikasi DSC dapat dilihat pada Lampiran 6. Sebanyak 1.5 mg sampel ditimbang dalam alumunium pan. Alumunium pan berisi sampel kemudian ditutup secara hermetis. Selanjutnya wadah berisi sampel dimasukkan ke dalam alat DSC untuk dianalisis.



Gambar 8. Differential Scanning Calorimetry

C. METODE ANALISIS DATA

Perbedaan rendemen hasil penyosohan biji sorgum varietas numbu dianalisis menggunakan *one-way* ANOVA dengan *software* SPSS 16.0. Tingkat kepercayaan yang digunakan sebesar 95% ($\alpha = 0.05$). Jika nilai Sig. pada tabel *output* SPSS lebih kecil dari 0.05, terdapat perbedaan nyata antara rendemen penyosohan yang dihasilkan. Sebaliknya, nilai Sig. yang lebih besar dari 0.05 menunjukkan rendemen penyosohan yang tidak berbeda nyata. Jika rendemen penyosohan yang dihasilkan berbeda nyata, dilakukan uji lanjut Duncan untuk melihat perbedaan antara masing-masing rendemen penyosohan. Hasil karakterisasi pati sorgum varietas numbu dan genjah dianalisis menggunakan *independent sample t-test* dengan *software* SPSS 16.0. Tingkat kepercayaan yang digunakan sebesar 95% ($\alpha = 0.05$). Jika nilai Sig. (*2-tailed*) pada *equal variances assumed* lebih kecil dari 0.05, karakter antara kedua sampel berbeda nyata. Sebaliknya, nilai Sig. (*2-tailed*) yang lebih besar dari 0.05 menunjukkan karakter antara kedua sampel tidak berbeda nyata.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. PENYOSOHAN SORGUM VARIETAS NUMBU

Proses penyosohan merupakan proses awal sebelum pengolahan lebih lanjut biji sorgum. Varietas sorgum yang digunakan dalam penelitian ini adalah varietas numbu dan genjah. Sampel sorgum varietas genjah yang diperoleh telah mengalami proses penyosohan, sedangkan sampel sorgum varietas numbu belum mengalami proses penyosohan. Pada proses penyosohan biji sorgum varietas numbu, dilakukan variasi kadar air biji sorgum. Sebelum mengalami proses penyosohan, dilakukan *conditioning* dengan menambahkan air sebanyak 0, 20, 30, 40, dan 50 ml ke dalam 1 kg sorgum. Penambahan air dilakukan dengan cara penyemprotan agar air yang ditambahkan terdistribusi dengan baik. Bila air yang ditambahkan tidak terdistribusi dengan baik atau menumpuk di salah satu tempat, dapat terjadi kebusukan pada biji sorgum. Setelah dilakukan penambahan air, biji sorgum disimpan dalam kemasan aluminium selama 24 jam agar terjadi kesetimbangan kadar air pada biji sorgum. Proses penyosohan dilakukan selama 1 menit dengan variasi *feed* 100 dan 200 gram. Data hasil penyosohan sorgum varietas numbu dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil penyosohan sorgum varietas numbu

Penambahan air (ml)	Kadar air (% basis basah)	100 gram	200 gram
		Rendemen (%)	Rendemen (%)
0	11.18	78.61 ± 0.46 ^a	69.55 ± 1.27
20	12.32	79.60 ± 1.48 ^a	69.96 ± 1.22
30	13.40	79.16 ± 0.75 ^a	68.79 ± 0.71
40	14.28	78.47 ± 0.61 ^a	68.10 ± 0.81
50	14.30	77.94 ± 0.47 ^a	67.64 ± 0.53

Keterangan: pengujian rendemen penyosohan dilakukan sebanyak tiga kali ulangan

Kadar air biji sorgum setelah penambahan air sebanyak 0, 20, 30, 40, dan 50 ml berturut-turut menjadi 11.18%, 12.32%, 13.40%, 14.28%, dan 14.30%. Dari Tabel 4 tampak bahwa rendemen penyosohan dengan *feed* 100 gram lebih tinggi dari rendemen penyosohan dengan *feed* 200 gram untuk semua perlakuan penambahan air. Berdasarkan uji *one-way* ANOVA (Lampiran 9), rendemen penyosohan biji sorgum yang dihasilkan dari *feed* 100 gram tidak berbeda nyata pada tingkat kepercayaan 95%. Jumlah *feed* yang semakin banyak menyebabkan gesekan antarbiji di dalam alat penyosoh semakin mudah terjadi. Gesekan antarbiji dapat membantu proses penyosohan yang dilakukan oleh batu gerinda dalam alat penyosoh. Gesekan antarbiji menyebabkan semakin banyak kulit biji yang terlepas dari endosperm. Jika kulit biji telah terlepas dari endosperm akibat gesekan batu gerinda, gesekan yang terjadi antarbiji menyebabkan bagian endosperm ikut tersosoh. Hal inilah yang menyebabkan rendemen untuk *feed* 200 gram lebih rendah dari *feed* 100 gram.

Perlakuan penambahan 20 ml air memberikan rendemen penyosohan tertinggi, yaitu sebesar 79.60% untuk *feed* 100 gram dan 69.96% untuk *feed* 200 gram. Penambahan air sebanyak 30, 40, dan 50 ml menghasilkan rendemen yang lebih rendah dibanding penambahan

air sebanyak 20 ml untuk kedua variasi *feed*. Rendemen penyosohan terendah diperoleh pada perlakuan penambahan 50 ml air. Menurut Clarke dan Rottger (2006), penambahan air dapat melunakkan kulit luar biji sorum sehingga lebih mudah dilepaskan dari biji. Hal inilah yang menyebabkan rendemen penyosohan semakin rendah seiring bertambahnya kadar air pada biji sorgum. Kulit biji yang mudah terlepas tidak membutuhkan waktu penyosohan yang lama. Jika kulit biji sudah terlepas tetapi waktu penyosohan belum berakhir, bagian endosperm akan ikut tersosoh dan terbuang bersama kulit biji. Rendemen penyosohan yang diperoleh akan lebih rendah jika bagian endosperm banyak yang tersosoh. Pada proses penyosohan sorgum varietas numbu selanjutnya digunakan penambahan air sebanyak 20 ml dan jumlah *feed* 100 gram karena menghasilkan rendemen penyosohan tertinggi.

B. ISOLASI PATI SORGUM

Terdapat beberapa metode isolasi pati seperti metode *dough hand-washing* (Park *et al.* 2004), metode enzimatik (Bechtel dan Wilson 2000), dan metode buffer kimia (Zhao dan Sharp 1996). Metode-metode tersebut dilaporkan efektif, tetapi membutuhkan waktu yang cukup lama. Menurut Wang *et al.* (2000), metode isolasi pati dengan penggilingan basah membutuhkan waktu yang lebih lama karena proses perendaman yang bertujuan untuk melunakkan biji membutuhkan waktu 24 hingga 96 jam. Metode penggilingan basah dipilih karena prosesnya yang sederhana dan dapat diaplikasikan pada penelitian ini. Hasil isolasi pati sorgum pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil rendemen isolasi pati sorgum

Varietas	U	Berat awal (gram)	Berat pati (gram)	Rendemen (%)	Rata-rata rendemen (%)
Numbu	1	3362.20	272.28	8.10	8.73 ± 0.89 ^a
	2	3557.10	333.15	9.36	
Genjah	1	3500.49	711.91	20.34	19.48 ± 1.21 ^b
	2	1280.34	238.54	18.63	

Proses isolasi dilakukan sebanyak dua kali ulangan untuk setiap varietas sorgum. Hasil *independent sample t-test* menunjukkan bahwa rendemen isolasi pati sorgum varietas numbu dan genjah berbeda nyata pada tingkat kepercayaan 95%. Proses isolasi pati sorgum varietas numbu menghasilkan rendemen yang lebih rendah dari varietas genjah. Isolasi pati sorgum varietas numbu menghasilkan rendemen sebesar 8.73%, sedangkan untuk varietas genjah sebesar 19.48%. Perbedaan rendemen yang dihasilkan dapat disebabkan oleh perbedaan varietas yang menyebabkan perbedaan struktur dan kandungan biji serta perlakuan pada saat isolasi yang berbeda untuk kedua varietas. Perbedaan struktur dan kandungan biji akan berpengaruh pada proses perendaman dan penggilingan. Biji sorgum yang lebih lunak dan dapat menyerap air lebih banyak pada proses perendaman akan lebih mudah hancur saat digiling. Jika biji hancur dengan baik pada proses penggilingan, pati akan terlepas dari matriks sehingga rendemen pati yang dihasilkan juga lebih tinggi. Pada proses isolasi, perlakuan yang berbeda dapat terjadi pada saat penyaringan. Proses penyaringan pati dilakukan dengan memeras hancuran pati dalam kain saring. Proses pemerasan dilakukan secara manual dengan menggunakan tangan sehingga kekuatan yang diberikan berbeda-beda. Proses pemerasan dengan kekuatan yang lebih besar

akan menghasilkan rendemen pati yang lebih tinggi. Perlakuan yang berbeda juga dapat terjadi pada proses pencucian pati setelah diendapkan. Rendemen pati akan lebih rendah jika pati ikut terbang pada saat pencucian, sedangkan proses pencucian yang kurang sempurna akan menambah rendemen pati yang dihasilkan.

C. KARAKTERISASI PATI SORGUM

1. Proksimat

Analisis proksimat pada bahan pangan perlu dilakukan untuk mengetahui nilai gizi yang terkandung di dalamnya. Hasil analisis proksimat pati sorgum varietas numbu dan genjah dapat dilihat pada Tabel 6. Kadar air, abu, protein, lemak, dan karbohidrat pati sorgum varietas numbu secara berturut-turut sebesar 7.44%, 0.28%, 4.21%, 0.47%, dan 87.60% (basis kering). Sedangkan untuk pati sorgum varietas genjah sebesar 6.78%, 0.43%, 3.06%, 0.32%, dan 89.41%. Hasil *independent sample t-test* menunjukkan bahwa kadar air, protein, dan lemak pati sorgum varietas numbu dan genjah berbeda nyata pada tingkat kepercayaan 95%. Kadar abu pati sorgum varietas numbu dan genjah tidak berbeda nyata pada tingkat kepercayaan 95%. Kadar air pati sorgum kedua varietas memenuhi standar yang ditetapkan oleh CODEX untuk kadar air tepung sorgum, yaitu di bawah 15%. Standar untuk tepung sorgum digunakan karena belum ada standar untuk pati sorgum. Kadar air pati ditentukan oleh pengeringan yang dilakukan pada akhir proses isolasi pati. Proses pengeringan harus dilakukan dengan baik agar pati yang diperoleh benar-benar kering. Jika pati belum kering dengan sempurna, pati akan menempel dan terasa dingin di tangan. Penyimpanan pati dalam kondisi tidak kering sempurna menyebabkan kerusakan pada pati.

Tabel 6. Hasil analisis proksimat pati sorgum

	Numbu	Genjah
Kadar air (%bk)	7.44 ± 0.15 ^a	6.78 ± 0.06 ^b
Kadar abu (%bk)	0.28 ± 0.00 ^a	0.43 ± 0.00 ^a
Kadar protein (%bk)	4.21 ± 0.13 ^a	3.06 ± 0.06 ^b
Kadar lemak (%bk)	0.47 ± 0.01 ^a	0.32 ± 0.01 ^b
Kadar karbohidrat (%bk)	87.60	89.41

Keterangan: pengujian proksimat dilakukan sebanyak dua kali ulangan

Kadar abu menunjukkan kandungan mineral yang terdapat di dalam pati. Kadar abu pati sorgum kedua varietas cukup rendah. Kadar abu pati sorgum varietas numbu dan genjah yang diperoleh dari penelitian ini lebih rendah dari kadar abu pati sorgum putih dan merah pada penelitian Olayinka *et al.* (2011). Hal ini menunjukkan bahwa metode isolasi pati yang digunakan pada penelitian ini cukup baik untuk menghilangkan kandungan abu pada sampel pati. Kadar abu pati sorgum kedua varietas hampir sama dengan kadar abu pada bagian endosperm biji sorgum seperti yang tertera pada Tabel 1. Menurut FAO (2010), kadar abu biji sorgum banyak terdapat pada bagian lembaga (10.36%) yang terbang pada proses penyosohan. Kadar protein pati kedua varietas cukup tinggi. Kadar protein pati sorgum varietas numbu lebih tinggi dari varietas genjah. Kandungan protein berperan penting dalam kemampuan pengembangan granula pati. Protein mengelilingi

granula pati, membatasi pengembangan granula, dan sifat kohesinya menghambat keluarnya material dari dalam granula selama proses gelatinisasi (Charles *et al.* 2007). Kadar protein yang cukup tinggi pada pati sorgum disebabkan oleh proses penyaringan dan pencucian yang kurang sempurna selama proses isolasi pati. Perlakuan dengan enzim protease sebelum proses ekstraksi pati dapat menghilangkan protein dari pati (Chiou *et al.* 2002).

Kadar lemak pada pati sorgum kedua varietas cukup rendah. Kadar lemak pati sorgum varietas numbu lebih tinggi dari varietas genjah. Menurut FAO (2010), kandungan lemak biji sorgum banyak terdapat pada bagian lembaga (28.10%) dan kulit biji (4.90%). Kandungan lemak dapat mempengaruhi profil amilografi pati sorgum (Sang *et al.* 2008). Kadar karbohidrat pati sorgum dihitung secara *by difference*. Kadar karbohidrat pati sorgum varietas genjah lebih tinggi dari varietas numbu. Hal ini menunjukkan bahwa pati sorgum varietas numbu mengandung lebih banyak komponen selain karbohidrat.

2. Kadar Pati

Kadar pati sorgum pada penelitian ini dianalisis dengan metode Luff Schoorl. Metode tersebut menggunakan cara titrasi untuk menentukan kadar pati sampel. Hasil analisis kadar pati kedua varietas sorgum dapat dilihat pada Tabel 6. Hasil *independent sample t-test* menunjukkan bahwa kadar pati sorgum varietas numbu dan genjah berbeda nyata pada tingkat kepercayaan 95%. Kadar pati yang diperoleh menunjukkan seberapa baik metode isolasi pati yang digunakan. Dari hasil analisis proksimat pati sorgum varietas numbu dan genjah diketahui bahwa kandungan protein pada sampel pati masih cukup tinggi (Tabel 5).

Tabel 7. Hasil analisis kadar pati

Varietas	Kadar Pati (%)
Numbu	79.49 ± 0.37 ^a
Genjah	85.01 ± 0.62 ^b

Keterangan: pengujian kadar pati dilakukan sebanyak dua kali ulangan (duplo)

Kadar protein yang tinggi pada sampel pati hasil isolasi menunjukkan derajat kemurnian yang rendah dari pati yang dihasilkan. Metode isolasi pati yang digunakan dalam penelitian ini merupakan metode yang sederhana. Pada proses isolasi pati tidak dilakukan perlakuan khusus yang bertujuan untuk memisahkan protein dari sampel pati. Kadar pati yang rendah juga dapat disebabkan oleh sel peripher endosperm yang tidak terbuka pada saat penggilingan. Menurut Boudries *et al.* (2009), matriks protein dalam granula pati dan komponen dinding sel yang membatasi proses isolasi pati masih menjadi fokus penelitian saat ini.

3. Kadar Amilosa dan Amilopektin

Karakteristik fisikokimia, termal, dan reologi pati dipengaruhi oleh rasio amilosa dan amilopektin dalam granula pati. Menurut Sang *et al.* (2008), kadar amilosa pada biji sorgum bergantung pada banyaknya gen resesif (*wx*). Analisis kadar amilosa dilakukan dengan metode spektrofotometri pada panjang gelombang 625 nm. Kurva standar amilosa

murni (Lampiran 19) digunakan untuk menentukan konsentrasi amilosa yang terkandung dalam sampel pati yang diuji.

Hasil analisis kadar amilosa dan amilopektin pati sorgum dapat dilihat pada Tabel 8. Hasil *independent sample t-test* menunjukkan bahwa kadar amilosa pati sorgum varietas numbu dan genjah berbeda nyata pada tingkat kepercayaan 95%. Kadar amilosa pati sorgum varietas numbu (22.48%) lebih tinggi dari varietas genjah (18.62%). Boudries *et al.* (2009) dalam penelitiannya melaporkan bahwa pati sorgum putih memiliki kadar amilosa (27.10%) yang lebih tinggi dari pati sorgum merah (24.80%). Pada penelitian Udachan *et al.* (2012), dilakukan pengukuran kadar amilosa dan amilopektin pati sorgum varietas CSH-5, CSH-9, Dadar, dan Parbhani dari India. Kadar amilosa keempat varietas tersebut berturut-turut sebesar 12.96%, 18.72%, 10.80%, dan 12.96%. Kadar amilosa berpengaruh besar pada gelatinisasi dan retrogradasi pati (Fredriksson *et al.* 1998), viskositas pasta (Yanagisawa *et al.* 2006), pembentukan gel (Biliaderis dan Zawistowski 1990), dan daya cerna α -amylase (Skrabanja *et al.* 1999). Kadar amilosa dilaporkan bervariasi sesuai sumber penghasil patinya dan dipengaruhi oleh kondisi iklim dan tanah selama pertumbuhan biji (Singh *et al.* 2006)

Tabel 8. Hasil analisis kadar amilosa dan amilopektin pati sorgum

Varietas	Kadar Amilosa (%)	Kadar Amilopektin (%)
Numbu	22.48 ^a	77.52
Genjah	18.62 ^b	81.38

Keterangan: pengujian kadar amilosa dilakukan sebanyak dua kali ulangan (duplo)

Struktur amilopektin juga dilaporkan berpengaruh terhadap karakteristik gelatinisasi dan retrogradasi pati (Jane *et al.* 1999). Pati sorgum yang memiliki banyak rantai panjang amilopektin akan meningkatkan retrogradasi dan resistensi terhadap enzim pencernaan. Pati dengan karakteristik demikian kurang baik bila dimanfaatkan sebagai bahan pangan. Pati sorgum dengan banyak rantai pendek perlu dikembangkan agar dapat memperbaiki stabilitas penyimpanan dingin (Sang *et al.* 2008).

4. Densitas Kamba

Densitas kamba merupakan perbandingan bobot terhadap volume suatu bahan. Pengukuran densitas kamba pati sorgum dilakukan dengan memasukkan sejumlah pati ke dalam wadah yang telah diketahui volumenya. Hasil analisis densitas kamba pati sorgum varietas numbu dan genjah dapat dilihat pada Tabel 9. Hasil *independent sample t-test* menunjukkan bahwa densitas kamba pati sorgum varietas numbu dan genjah berbeda nyata pada tingkat kepercayaan 95%. Densitas kamba pati sorgum varietas numbu (0.76 g/ml) lebih kecil dari varietas genjah (0.79 g/ml). Omeire *et al.* (2006) dalam penelitiannya menunjukkan densitas kamba pati sorgum yang lebih rendah, yaitu sebesar 0.50 g/ml. Dari penelitian tersebut diketahui bahwa tidak ada perlakuan modifikasi yang dapat mengurangi densitas kamba pati sorgum. Densitas kamba pati sorgum varietas numbu dan genjah juga lebih tinggi dari densitas kamba pati jagung (0.51 g/ml) yang diperoleh pada penelitian Omeire *et al.* (2006).

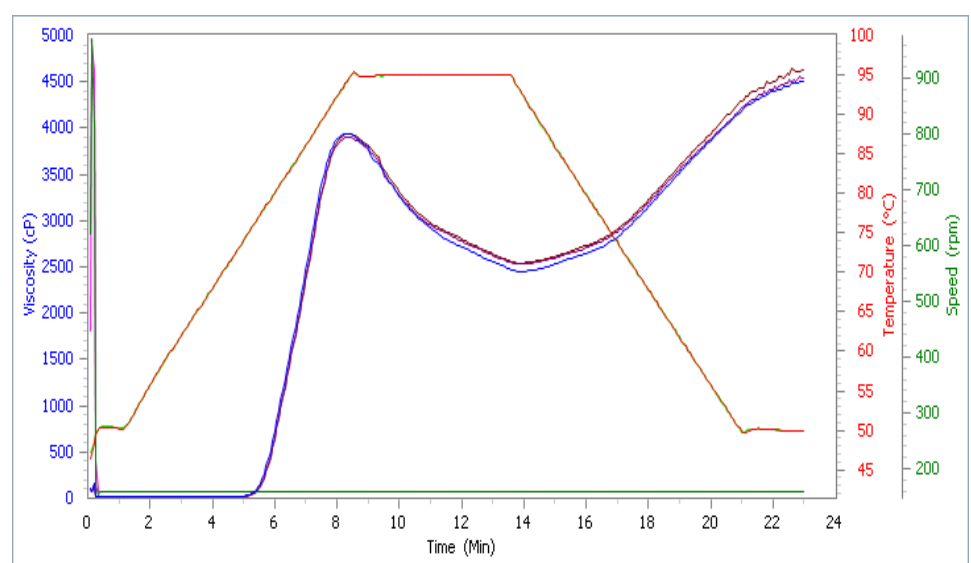
kemerahmudaan. Hal yang sama juga dilaporkan oleh Sira dan Amaiz (2004). Pada penelitian tersebut dilaporkan bahwa perendaman biji sorgum berpigmen dengan larutan NaOH 0.25% menghasilkan pati yang berwarna kemerahmudaan. Derajat putih pati sorgum pada penelitian ini masih jauh lebih rendah dari derajat putih pati sorgum pada penelitian Boudries *et al.* (2009). Pada penelitian tersebut diperoleh pati sorgum dengan nilai L sebesar 92.91 untuk sorgum putih dan 91.06 untuk sorgum merah. Pada penelitian tersebut dilakukan perlakuan perendaman dalam 5.25% NaOCl dan 50 gram KOH dengan pemanasan pada suhu 60°C dan pengadukan selama 7 menit. Menurut Sira dan Amaiz (2004), perendaman dalam campuran larutan NaOCl 5.25% dan KOH 10.70% dapat menghasilkan pati sorgum dengan derajat putih yang lebih tinggi. Wang *et al.* (2000) menggunakan campuran larutan SO₂ dan 0.5% asam laktat untuk menghasilkan pati dengan derajat putih yang paling tinggi, rendemen yang tinggi, dan kontaminasi protein yang paling rendah. Pati dengan nilai derajat putih yang tinggi memiliki potensi besar untuk diaplikasikan dalam industri. Perlakuan sebelum proses isolasi perlu dilakukan untuk meningkatkan derajat putih biji sorgum yang berpigmen.



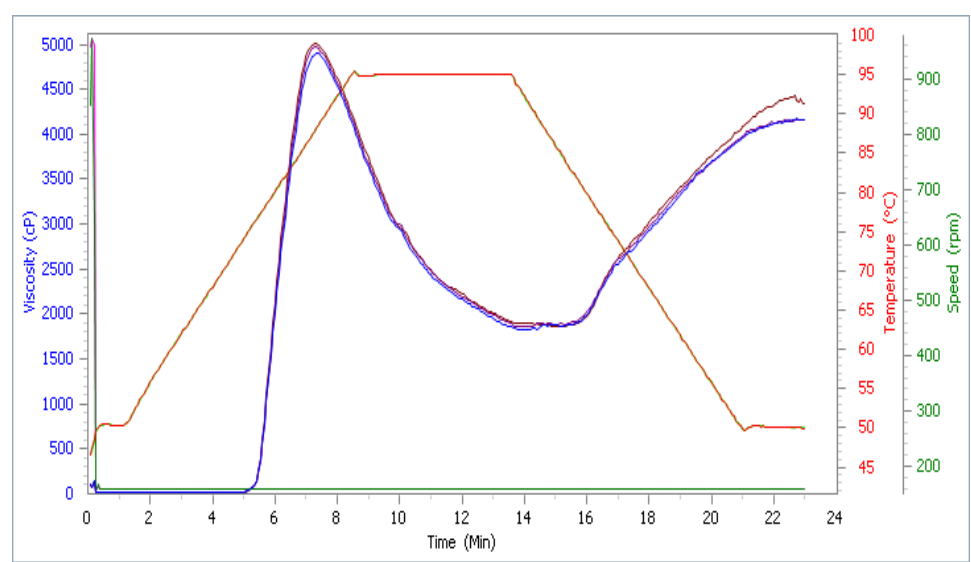
Gambar 9. Perbandingan derajat putih pati sorgum varietas genjah (kiri) dan numbu (kanan)

6. Profil Gelatinisasi Pati

Profil gelatinisasi pati sorgum varietas numbu dan genjah dianalisis dengan alat *Rapid Visco Analyzer* (RVA) yang membutuhkan waktu analisis lebih singkat dari alat Brabender Amilograf. Kurva gelatinisasi pati sorgum varietas numbu dan genjah terlihat pada Gambar 10 dan Gambar 11. Pada Tabel 11 terlihat bahwa pati sorgum varietas genjah memiliki viskositas puncak (4959.00 cP) yang lebih tinggi dari pati sorgum varietas numbu (3927.67 cP). Viskositas puncak merupakan kemampuan pati untuk mengembang dengan bebas sebelum mengalami *breakdown*. Kadar lemak (Tabel 6) dan kadar amilosa (Tabel 8) pati sorgum varietas numbu yang lebih tinggi dari varietas genjah menyebabkan viskositas puncak yang lebih rendah pada pati sorgum varietas numbu. Amilosa dapat menghambat pengembangan granula pati dengan membentuk kompleks bersama lemak yang berakibat pada lebih rendahnya viskositas puncak pada suhu *pasting* yang lebih tinggi (Sang *et al.* 2008). Blazek dan Copeland (2007) dalam hasil penelitiannya menyatakan bahwa pati dengan kadar amilosa kurang dari 30% akan mengalami penurunan viskositas puncak jika mengalami peningkatan kandungan amilosa.



Gambar 10. Profil gelatinisasi pati sorgum varietas numbu



Gambar 11. Profil gelatinisasi pati sorgum varietas genjah

Tabel 11. Profil gelatinisasi pati sorgum

	Numbu	Genjah
Viskositas puncak (cP)	3927.67	4959.00
Viskositas <i>trough</i> (cP)	2506.33	1849.33
Viskositas <i>breakdown</i> (cP)	1421.33	3109.67
Viskositas akhir (cP)	4551.33	4220.00
Viskositas <i>setback</i> (cP)	2045.00	2370.67
Waktu puncak (menit)	8.31	7.29
Suhu gelatinisasi (°C)	76.22	75.32

Keterangan: pengujian profil gelatinisasi pati dilakukan sebanyak tiga kali ulangan

Sorgum varietas genjah merupakan biji sorgum berpigmen. Dalam penelitian Boudries *et al.* (2009), dilaporkan bahwa pati dari sorgum yang berpigmen menghasilkan viskositas puncak yang lebih tinggi. Selain amilosa, kandungan amilopektin juga berpengaruh terhadap viskositas puncak. Menurut Ratnayake *et al.* (2002), amilopektin merupakan komponen pati yang bertanggungjawab terhadap proses pengembangan granula, sehingga pati dengan kadar amilopektin yang tinggi akan menghasilkan viskositas puncak yang tinggi pula. Kandungan protein juga berperan penting dalam mempengaruhi kemampuan pengembangan granula pati. Protein mengelilingi granula pati, membataasi pengembangan granula, dan sifat kohesinya menghambat keluarnya material dari dalam granula selama proses gelatinisasi (Charles *et al.* 2007). Menurut Beta *et al.* (2000), perbedaan viskositas puncak dan waktu untuk mencapai viskositas puncak pati sorgum ditentukan oleh genotip dan kondisi lingkungan tempat tanaman sorgum tumbuh.

Viskositas *trough* merupakan viskositas minimum pada fasa suhu konstan yang mengukur kemampuan pati untuk bertahan terhadap *breakdown* selama proses pendinginan. Viskositas *trough* pati sorgum varietas genjah lebih rendah dari varietas numbu. Viskositas *breakdown* menunjukkan stabilitas granula pati selama pemanasan dan pengadukan. Pada saat *breakdown*, granula pati yang mengembang mengalami kerusakan lebih lanjut sehingga molekul amilosa keluar dari granula ke larutan. Viskositas *breakdown* diperoleh dari hasil pengurangan viskositas puncak dengan viskositas *trough*. Viskositas *breakdown* pati sorgum varietas genjah lebih tinggi dari varietas numbu. Peningkatan nilai viskositas *breakdown* menunjukkan bahwa pati semakin tidak tahan terhadap pemanasan dan pengadukan (Lee *et al.* 2002). Hasil penelitian yang diperoleh menunjukkan bahwa pati sorgum varietas numbu lebih tahan terhadap proses pemasakan dan pengadukan. Karakteristik tersebut dapat dimanfaatkan pada *dairy product* karena proses pengolahan *dairy product* melibatkan suhu tinggi dan pengadukan. Selain itu, nilai viskositas puncak yang lebih rendah pada varietas numbu menyebabkan penetrasi panas yang lebih baik selama proses pengolahan. Hal tersebut dapat meningkatkan efisiensi melalui waktu pengolahan yang lebih singkat. Pati sorgum varietas numbu juga dapat dimanfaatkan pada produk *mayonnaise* dan *salad dressing*. Fungsi utama pati pada produk *mayonnaise* dan *salad dressing* adalah sebagai pengental dan penstabil. Pengolahan *mayonnaise* dan *salad dressing* yang melibatkan panas untuk *hot filling* dan pengadukan untuk emulsifikasi membutuhkan pati yang tahan terhadap panas dan pengadukan seperti pati sorgum varietas numbu (Taggart 2004). Sang *et al.* (2008) melaporkan bahwa kompleks amilosa-lemak dapat meningkatkan rigiditas granula pati dengan membatasi pengembangannya. Hal tersebut dapat menyebabkan viskositas *breakdown* yang lebih rendah. Viskositas *breakdown* yang tinggi dengan kandungan amilosa yang rendah juga ditemukan pada penelitian Singh *et al.* (2006).

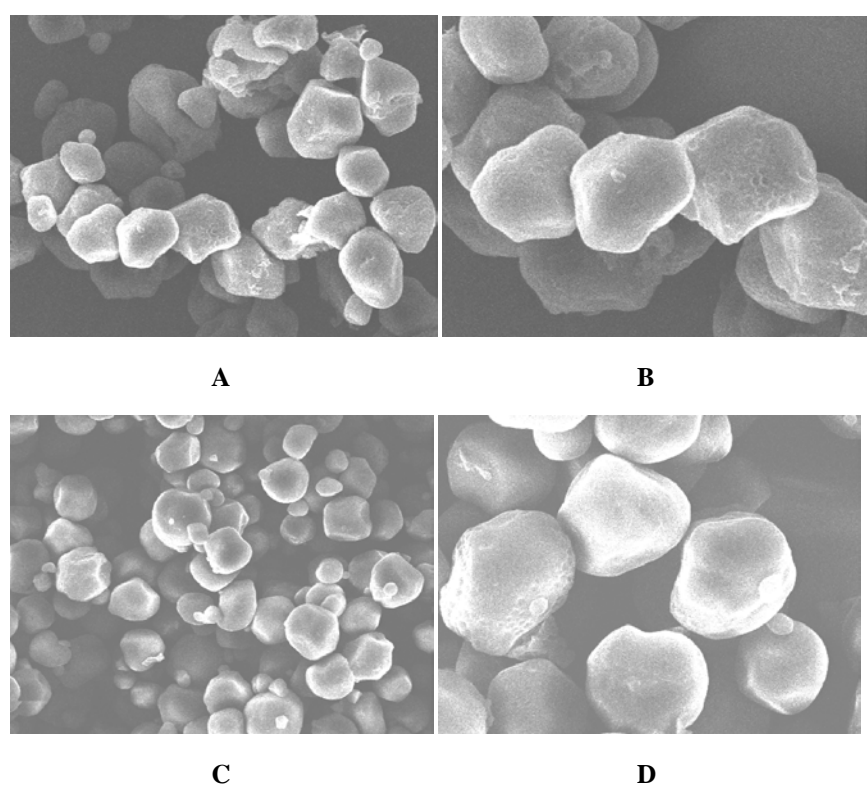
Viskositas akhir merupakan parameter yang menunjukkan kemampuan pati untuk membentuk pasta kental atau gel setelah proses pemanasan dan pendinginan serta ketahanan pasta terhadap gaya geser yang terjadi selama pengadukan. Viskositas akhir pati sorgum varietas numbu lebih tinggi dari varietas genjah. Viskositas *setback* menunjukkan kecenderungan pati untuk mengalami retrogradasi. Retrogradasi merupakan terbentuknya jaringan mikrokristal dari molekul-molekul amilosa yang berikatan kembali satu sama lain atau dengan percabangan amilopektin di luar granula pati setelah pasta didinginkan. Menurut Goodfellow dan Wilson (1990), proporsi amilosa dan struktur amilopektin memiliki peranan penting pada kecepatan dan derajat retrogradasi pati. Viskositas *setback*

pati sorgum varietas genjah lebih tinggi dari varietas numbu. Pati sorgum varietas genjah lebih cenderung mengalami retrogradasi setelah pendinginan daripada pati sorgum varietas numbu. Nilai viskositas *setback* yang tinggi cocok diaplikasikan pada produk mi karena menghasilkan sifat kohesif dan *hardness* yang tinggi pada mi serta kelengketan dan *cooking loss* yang rendah. Selain itu, pati sorgum varietas genjah juga memiliki nilai viskositas puncak yang tinggi sehingga menghasilkan persen elongasi yang lebih tinggi pada produk mi. Persen elongasi yang tinggi menyebabkan mi tidak cepat putus dan berkorelasi positif dengan kelembutan mi yang dihasilkan (Beta dan Corke 2001). Retrogradasi pati berhubungan dengan perubahan tekstur dan daya cerna produk pangan berbasis pati selama penyimpanan (Matalanis *et al.* 2009). Viskositas *setback* dipengaruhi oleh jumlah amilosa yang terlepas, ukuran granula, rigiditas, dan granula mengembang yang tidak terfragmentasi (Zavareze dan Dias 2010).

Waktu puncak merupakan parameter waktu pemasakan pasta pati. Waktu puncak pati sorgum varietas genjah lebih rendah dari varietas numbu. Pati sorgum varietas genjah memiliki waktu pemasakan pasta pati yang lebih singkat dari varietas numbu. Hal tersebut menyebabkan pati sorgum varietas genjah lebih cepat mengental dan mencapai viskositas puncaknya. Karakteristik tersebut membuat pati sorgum varietas genjah dapat diaplikasikan sebagai *fill-viscosity aid* pada produk sup dan saus. *Fill-viscosity aid* memberikan viskositas yang cukup pada awal proses pemasakan, dimana partikulat dimasukkan dalam cairan sup atau saus. Viskositas awal yang tinggi dapat mencegah terjadinya letupan dan mengurangi kondisi yang tidak higienis pada proses pengisian (Taggart 2004). Suhu gelatinisasi merupakan suhu dimana mulai terdeteksi adanya peningkatan viskositas yang disebabkan oleh pembengkakan granula pati. Suhu gelatinisasi pati sorgum varietas numbu (76.22°C) hampir sama dengan varietas genjah (75.32°C). Taylor *et al.* (2006) melaporkan bahwa suhu gelatinisasi pati sorgum yang tumbuh di Afrika Selatan berkisar antara 67-73°C dan untuk pati sorgum yang tumbuh di India berkisar antara 71-81°C. Menurut Waniska dan Rooney (2000), suhu gelatinisasi pati sorgum berkisar antara 71°C hingga 80°C. Suhu gelatinisasi pati sorgum lebih tinggi dari jagung (62°C-72°C) sehingga membutuhkan waktu pemasakan yang lebih lama dan energi termal yang lebih besar selama proses. Suhu gelatinisasi yang tinggi mengindikasikan stabilitas kristal molekul pati (Moorthy 2002). Perbedaan profil gelatinisasi pati dapat disebabkan oleh perbedaan genetik, metode isolasi pati yang digunakan (Singh *et al.* 2010), dan kandungan komponen polifenol (Beta *et al.* 2000)

7. Bentuk dan Ukuran Granula Pati

Bentuk dan ukuran granula pati sorgum ditentukan dengan alat Scanning Electron Microscope (SEM) Model JSM-5310LV. Pengambilan gambar untuk setiap sampel dilakukan sebanyak dua kali untuk melihat bentuk granula pati secara bergerombol dan secara tunggal. Pengukuran granula dilakukan sebanyak dua kali untuk setiap sampel. Perbesaran yang digunakan untuk gambar granula pati secara tunggal adalah perbesaran 2000 kali. Perbesaran yang digunakan untuk gambar granula pati secara bergerombol pada ulangan pertama adalah perbesaran 750 kali, sedangkan untuk ulangan kedua adalah perbesaran 1000 kali. Bentuk granula pati sorgum varietas numbu dan genjah dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Bentuk granula pati sorgum varietas numbu (A dan B) dan genjah (C dan D)

Bentuk granula pati sorgum kedua varietas cenderung bulat dan bersudut banyak (poligonal). Beberapa granula memiliki permukaan yang kasar. Hal yang sama juga dilaporkan oleh Sang *et al.* (2008) pada *waxy*, *heterowaxy*, dan *normal sorghum*. Selain bulat dan poligonal, dilaporkan juga bentuk granula pati sorgum yang menyerupai bentuk donat (Benmoussa *et al.* 2006). Ukuran granula pati sorgum varietas numbu ulangan pertama berkisar antara 10.0 hingga 38.7 μm dan untuk ulangan kedua berkisar antara 3.8 hingga 22.4 μm . Ukuran granula pati sorgum varietas genjah ulangan pertama berkisar antara 7.4 hingga 25.0 μm dan untuk ulangan kedua berkisar antara 4.3 hingga 24.4 μm . Kisaran ukuran granula pati sorgum ditentukan dari ukuran granula pati terkecil dan terbesar yang terlihat pada SEM. Kisaran ukuran granula pati yang cukup besar menunjukkan ukuran granula pati sorgum yang bervariasi. Ukuran granula pati sorgum pada penelitian Sang *et al.* (2008) berkisar antara 5 hingga 25 μm . Bentuk dan ukuran granula pati sorgum berbeda dari pati beras. Pati beras memiliki bentuk polihedral dan tidak beraturan dengan ukuran 1.5 hingga 6.1 μm (Lawal *et al.* 2011; Sodhi NS dan Singh N 2003).

8. Analisis Differential Scanning Calorimetry (DSC)

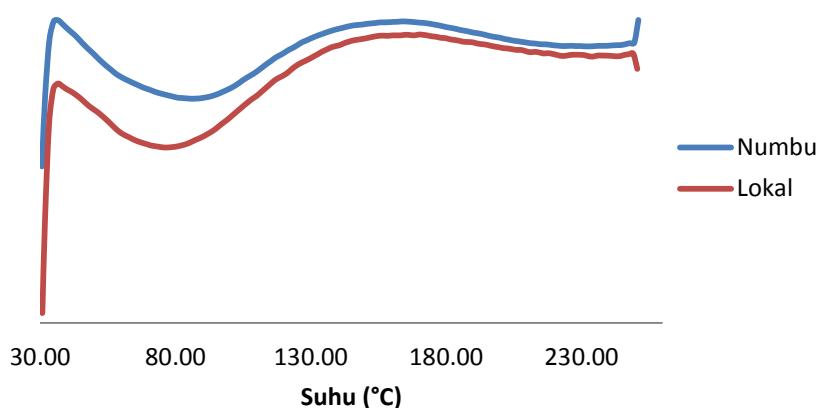
Alat DSC dapat digunakan untuk analisis termal gelatinisasi pati. Penambahan air pada sampel perlu dilakukan untuk melihat profil termal gelatinisasi pati. Namun, karena keterbatasan alat, pada penelitian ini tidak dilakukan penambahan air pada sampel. Hasil analisis DSC pada penelitian ini menggambarkan profil pelelehan kristalinit granula pati. Hasil analisis pati sorgum varietas numbu dan genjah dapat dilihat pada Tabel 12. Hasil

analisis menunjukkan suhu puncak (T_p) sorgum varietas genjah (77.30°C) lebih tinggi dari varietas numbu (75.97°C). Menurut Karim *et al.* (2007), T_p menunjukkan arsitektur granula (kualitas zona kristalin) yang mana pati dengan suhu puncak tinggi memiliki proporsi rantai panjang yang lebih besar pada amilopektin sehingga membutuhkan suhu yang lebih tinggi untuk mendisosiasi granula secara menyeluruh. Hasil analisis DSC yang diperoleh berbeda dengan hasil analisis RVA. Dari hasil analisis RVA diketahui bahwa suhu gelatinisasi pati sorgum varietas numbu (76.22°C) lebih tinggi dari varietas genjah (75.32°C).

Tabel 12. Hasil analisis DSC

Varietas	Peak/ T_p ($^{\circ}\text{C}$)	Onset/ T_o ($^{\circ}\text{C}$)	Endset/ T_c ($^{\circ}\text{C}$)	Heat/ ΔH (J/g)
Numbu	75.97	65.03	63.57	-101.11
Genjah	77.30	40.41	75.00	-98.52

Keterangan: pengujian DSC dilakukan sebanyak dua kali ulangan (duplo)



Gambar 13. Termogram DSC pati sorgum varietas numbu dan genjah

V. PENUTUP

A. SIMPULAN

Pada proses penyosohan sorgum varietas numbu, rendemen penyosohan tertinggi (79.60%) diperoleh dari penambahan air sebanyak 20 ml dan jumlah *feed* 100 gram. Proses isolasi pati dilakukan dengan metode penggilingan basah. Rendemen isolasi pati sorgum varietas genjah (19.48%) lebih besar dari varietas numbu (8.73%). Kadar air, abu, protein, lemak, dan karbohidrat pati sorgum varietas numbu secara berturut-turut sebesar 7.44%, 0.28%, 4.21%, 0.47%, dan 87.60% (basis kering). Sedangkan untuk pati sorgum varietas genjah sebesar 6.78%, 0.43%, 3.06%, 0.32%, dan 89.41%. Kadar pati sorgum varietas genjah (85.01%) lebih besar dari varietas numbu (79.49%). Kadar amilosa pati sorgum varietas numbu (22.48%) lebih tinggi dari varietas genjah (18.62%). Densitas kamba pati sorgum varietas genjah (0.79 g/ml) lebih besar dari varietas numbu (0.76 g/ml). Derajat putih pati sorgum varietas numbu (83.41%) lebih tinggi dari varietas genjah (66.10%) yang berwarna kemerahmudaan.

Hasil analisis profil gelatinisasi pati menunjukkan bahwa pati sorgum varietas genjah memiliki kemampuan pengembangan granula pati yang lebih besar dari varietas numbu karena memiliki viskositas puncak yang lebih tinggi. Nilai viskositas *breakdown* pati sorgum varietas numbu yang lebih rendah dari varietas genjah menunjukkan bahwa pati sorgum varietas numbu lebih tahan terhadap proses pemanasan dan pengadukan. Viskositas *setback* yang lebih tinggi pada pati sorgum varietas genjah menunjukkan kecenderungan untuk mengalami retrogradasi. Suhu gelatinisasi pati sorgum varietas numbu (76.22°C) hampir sama dengan varietas genjah (75.32°C). Dari hasil analisis profil gelatinisasi pati, diketahui bahwa pati sorgum varietas numbu cocok digunakan pada *dairy product*, *mayonnaise*, dan *salad dressing*, sedangkan pati sorgum varietas genjah cocok diaplikasikan pada produk mi, sup, dan saus. Bentuk granula pati sorgum kedua varietas cenderung bulat dan bersudut banyak (poligonal). Ukuran granula pati sorgum varietas numbu berkisar antara 3.8 hingga 38.7 µm. Ukuran granula pati sorgum varietas genjah berkisar antara 4.3 hingga 25.0 µm. Hasil analisis DSC menunjukkan suhu puncak (T_p) sorgum varietas genjah (77.30°C) lebih tinggi dari varietas numbu (75.97°C).

B. SARAN

Pada penelitian selanjutnya perlu dilakukan studi penyosohan lebih lanjut agar kondisi optimal penyosohan dapat diketahui. Selain itu juga dapat dilakukan proses penyosohan dengan mesin penyosoh tipe tekanan agar dapat dibandingkan dengan hasil penyosohan dengan mesin penyosoh tipe abrasif. Rendemen isolasi pati yang rendah menunjukkan bahwa metode isolasi yang digunakan pada penelitian ini ternyata tidak cocok untuk sorgum varietas numbu dan genjah. Teknik isolasi pati yang digunakan perlu diperhatikan agar sesuai dengan sampel yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

[AOAC] The Association of Official Analytical Chemist. 2006. Official Methods of The Association of Official Analytical Chemist International. AOAC International, Washington DC.

Apriyantono A, Fardiaz D, Puspitasari NL, Sedarwati, Budijanto S. 1989. Analisis Pangan. IPB Press, Bogor.

Bechtel DB dan Wilson JD. 2000. Variability in a starch isolation method and automated digital image analysis system used for the study of starch size distributions in wheat flour. *Cereal Chemistry* 77: 401-405.

Benmoussa M, Suhendra B, Aboubacar B, dan Hamaker BR. 2006. Distinctive sorghum starch granule morphologies appear to improve raw starch digestibility. *Starch* 58: 92-99.

Beta T, Corke H, Rooney L, dan Taylor JRN. 2000. Starch properties as affected by sorghum grain chemistry. *Journal of Science and Food Agriculture* 81: 245-251.

Beta T dan Corke H. 2001. Noodle quality as related to sorghum starch properties. *J. Cereal Sci.* 34: 261-268.

Beta T, Corke H, Taylor JRN, dan Rooney LW. 2001. Effect of steeping treatment on pasting and thermal properties of sorghum starches. *Cereal Chemistry* 78: 303-306.

Biliaderis CG dan Zawistowski J. 1990. Viscoelastic behavior of aging starch gels: effect of concentration, temperature, and starch hydrolysates on network properties. *Cereal Chem.* 240-245.

Blazek J dan Copeland L. 2007. Pasting and swelling properties of wheat flour and starch in relation to amylase content. *Carbohydrate Polymer* 7: 380-387.

Boudries N, Belhaneche N, Nadjemi B, Deroanne C, Mathlouthi M, Roger B, dan Sindic M. 2009. Physicochemical and functional properties of starches from sorghum cultivated in the Sahara of Algeria. *Carbohydrate Polymers* 78: 475-480.

Castro JV, Dumas C, Chiou H, Fitzgerald MA, dan Gilbert RG. 2005. Mechanistic information from analysis of molecular weight distributions of starch. *Biomacromolecules* 6(4): 2248-2259.

Charles AL, Huang TC, Lai PY, Chen CC, dan Chang YH. 2007. Study of wheat flour-cassava starch composite mix and the function of cassava mucilage in Chinese noodles. *Food Hydrocolloids* 21: 368-378.

Chiou H, Martin M, dan Fitzgerald MA. 2002. Effect of purification methods on rice starch structure. *Starch/Staerke* 54: 415-420.

- Clarke B dan Rottger A. 2006. Small mills in Africa-selection, installation and operation of equipment. Food and Agriculture Organization of The United Nations. Rome.
- Dicko MH, Gruppen H, Zouzouho OC, Traoré AS, van Berkel WJH, dan Voragen AGJ. 2006. Effects of germination on amylases and phenolics related enzymes in fifty sorghum varieties grouped according to food-end use properties. J. Sci. Food Agric. Vol. 86, In press.
- Damardjati DS, Widowati S, Wargiono J, dan Purba S. 2000. Potensi dan pendayagunaan sumber daya bahan pangan genjah serealia, umbi-umbian, dan kacang-kacangan untuk penganekaragaman pangan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan.
- Direktorat Jenderal Tanaman Pangan Departemen Pertanian. 2007. Persebaran Daerah Penghasil Sorgum di Indonesia. Departemen Pertanian, Jakarta.
- Donald M. 2001. Plasticization and self assembly in the starch granule. Cereal Chem 78(3): 307-314.
- [FAO] Food and Agricultural Organization. 2010. Chemical composition and nutritive value of sorghum and pearl millet. <http://fao.org/docrep/t0818e/T0818E0a.htm#Chapter4chemicalcompositionandnutritivevalue>. [27 Desember 2011].
- [FAO] Food and Agricultural Organization. 2010. Introduction *Sorghum bicolor* (L) Moench. <http://fao.org/inpho/content/compent/text/ch07.htm>. [27 Desember 2011].
- Fennema OR. 1996. Food Chemistry. 3rd ed. Marcel Dekker, Inc., New York.
- Fredricksson H, Silverio J, Andersson R, Eliasson AC, dan Aman P. 1998. The influence of amylase and amylopectin characteristics on gelatinization and retrogradation properties of different starches. Carbohydr. Polym. 119-134.
- Goodfellow BJ dan Wilson RH. 1990. A fourier-transform IR study of the gelation of amylase and amylopectin. Biopolymers 30: 1183-1189.
- Hoeman S. 2007. Peluang dan Potensi Pengembangan Sorgum Manis. Makalah pada Workshop Peluang dan Tantangan Sorgum Manis sebagai Bahan Baku Bioetanol. Direktorat Jenderal Perkebunan Departemen Pertanian, Jakarta.
- Hoover R dan Manuel H. 1995. A comparative study of the physicochemical properties of starches from two lentil cultivars. Food Chem 53: 275-284.
- Hugo LF, Rooney LW, dan Taylor JRN. 2003. Fermented Sorghum as A Functional Ingredient in Composite Breads. American Association of Cereal Chemist. Inc. 80(5): 495-499.
- [ICRISAT] International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. 2004. Sorghum Production Practices-Area and Distribution of Sorghum. www.icrisat.org. [5 Januari 2012].

- Jane J, Chen YY, Lee LF, McPherson AE, Wong KS, Radosavljevic M, dan Kasemsuwan T. 1999. Effects of amylopectin branch chain length and amylose content on the gelatinization and pasting properties of starch. *Cereal Chem* 76(5): 629-637.
- Jenkins PJ dan Donald AM. 1995. Gelatinisation of starch: a combined SAXS/WAXS/DSC and SANS study. *Carbohydr Res* 308: 133-47.
- Karim AA, Toon LC, Lee VP, Ong WY, Fazilah A, dan Noda T. 2007. Effects of phosphorus contents on the gelatinization and retrogradation of potato starch. *Journal of Food Science* 72(2): 132-138.
- Knutson CA dan Grove MJ. 1994. Rapid method for estimation of amylose in maize starches. *Cereal Chem* 71(5): 469-471.
- Laimeheriwa J. 1990. *Teknologi Budidaya Sorgum*. Irian Jaya: Balai Informasi Pertanian, Departemen Pertanian.
- Lawal OS, Lapasin R, Bellich B, Olayiwola TO, Cesàro A, Yoshimura M, dan Nishinari K. 2011. Rheology and functional properties of starches isolated from five improved rice varieties from West Africa. *Food Hydrocolloids* 25: 1785-1792.
- Lee MH, Baik MH, Cha DS, Park HJ, dan Lim ST. 2002. Freeze-thaw stabilization of sweet potato starch gel by polysaccharide gums. *Food Hydrocolloids* 16: 345-352.
- Matalanis AM, Campanella OH, dan Hamaker BR. 2009. Storage retrogradation behavior of sorghum, maize and rice starch pastes related to amylopectin fine structure. *Journal of Cereal Science* 50: 74-81.
- Moorthy SN. 2002. Physicochemical and functional properties of tropical tuber starch: a review. *Starch* 54: 559-592.
- Mudjisihono R dan Suprpto H. 1987. *Budidaya dan Pengolahan Sorgum*. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Okezie BO dan Bello AB. 1988. Physicochemical and functional properties of winged bean flour and isolate compared with soy isolate. *Journal of Food Science* 53(2): 430-438.
- Olayinka OO, Olu-Owolabi BI, dan Adebowale KO. 2011. Effect of succinylation on the physicochemical, rheological, thermal and retrogradation properties of red and white sorghum starches. *Food Hydrocolloids* 25: 515-520.
- Omeire GC, Ojimelekuwe PC, dan Onyegbado C. 2006. Physico-chemical properties of maize and sorghum starches and their effects on the sensory characteristics of biscuits. *Nigerian Food Journal* 24: 7-16.
- Park SH, Wilson JD, Chung OK, dan Seib PA. 2004. Size distribution and properties of wheat starch granules in relation to crumb grain score of pup-loaf bread. *Cereal Chemistry* 81: 699-704.

- Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. 1993. Deskripsi Varietas Unggul Padi dan Palawija. Puslitbang Tanaman Pangan, Bogor.
- Ratnayake WS, Hoover R, dan Tom W. 2002. Pea starch: composition, structure, and properties-review. *Starch* 54: 217-234.
- Roder N, Ellis PR, dan Butterworth PJ. 2005. Starch molecular and nutritional properties: a review. *Advance in Molecular Medicine* 1(1): 5-14.
- Rooney LW dan Clark LE. 1968. The chemistry and processing of sorghum grain. *Cereal Science Today* 13(7): 258-261.
- Sang Y, Bean S, Seib PA, Pedersen J, dan Shi YC. 2008. Structure and functional properties of sorghum starches differing in amylase content. *J. Agric. Food Chem.* 56: 6680-6685.
- Scotch TJ dan Maywald EC. 1968. Preparation and properties of various legume starch. *Cereal Chemistry* 45: 564-573.
- Serrem CA, De Kock HL, dan Taylor JRN. 2010. Nutritional quality, sensory quality, and consumer acceptability of sorghum and bread wheat biscuits fortified with defatted soy flour. *International Journal of Food Science and Technology* 46: 74-83.
- Singh H, Sodhi NS, dan Singh N. 2010. Characterization of starches separated from sorghum cultivars grown in India. *Food Chemistry* 119: 95-100.
- Singh N, Inouchi N, dan Nishinari K. 2006. Structural, thermal and viscoelastic characteristics of starches separated from normal, sugary and waxy maize. *Food Hydrocolloids* 20: 923-935.
- Singh N, Kaur L, dan Singh Sandhu K. 2006. Relationships between physical, morphological, thermal, rheological properties of rice starches. *Food Hydrocolloids* 20: 532-542.
- Sinuseng Y dan Prabowo A. 1999. Kinerja Alat Penyosoh Sorgum. Prosiding Seminar Nasional Perhimpunan Ahli Teknologi Pangan Indonesia. Yogyakarta.
- Sira EEP dan Amaiz ML. 2004. A laboratory scale method for isolation of starch from pigmented sorghum. *Journal of Food Engineering* 64: 515-519.
- Sirappa MP. 2003. Prospek Pengembangan Sorgum di Indonesia sebagai Komoditas Alternatif untuk Pangan, Pakan, dan Industri. *Jurnal Litbang Pertanian*. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Sulawesi Selatan, Makassar.
- Skrabanja V, Liljeberg HGM, Hedley CL, Kreft I, dan Bjorck ME. 1999. Influence of genotype and processing on the in vitro rate of starch hydrolysis and resistant starch formation in pea. *J. Agric. Food Chem.* 47: 2033-2039.

- [SNI] Standar Nasional Indonesia. 1992. Standar Sorghum (*SNI 01-3157-1992*). Badan Standardisasi Nasional. www.bsn.go.id. [3 Februari 2012].
- Sodhi NS dan Singh N. 2003. Morphological, thermal and rheological properties of starches separated from rice cultivars grown in India. *Food Chemistry* 80: 99-108.
- Suarni. 2004. Evaluasi Sifat Fisik dan Kandungan Kimia Biji Sorgum Setelah Penyosohan. *Jurnal Stigma* 12(1): 88-91.
- Sudarmadji S, Haryono B, dan Suhardi. 1997. *Prosedur Analisa untuk Bahan Makanan dan Pertanian Edisi Keempat*. Liberty, Yogyakarta.
- Susila BA. 2005. Keunggulan mutu gizi dan sifat fungsional sorgum (*Sorghum vulgare*). Prosiding seminar nasional teknologi inovatif pascapanen untuk pengembangan industri berbasis pertanian. Balai Besar Litbang Pascapanen Pertanian Bogor.
- Syafrudin E. 2011. Menghadapi Krisis, Menanam Sorgum. *Harian Umum Pelita*, Jakarta.
- Syah D. 2009. Riset untuk Mendayagunakan Potensi Genjah: Pelajaran dari Industrialisasi Diversifikasi Pangan. IPB Press, Bogor.
- Taggart P. 2004. Starch as an ingredient: manufacture and applications. Dalam: Ann-Charlotte Eliasson (ed.). *Starch in Food: Structure, Function and Applications*. CRC Press, New York.
- Taylor JRN, Schober TJ, dan Bean SR. 2006. Novel and non-food uses for sorghum and millets. *Journal of Cereal Science* 44: 252-271.
- Tester RF, Karkalas J, and Qui X. 2004. Starch composition, fine structure and architecture. *J Cereal Sci* 39: 151-65.
- Udachan, Iranna S, Sahoo AK, dan Hend GM. 2012. Extraction and characterization of sorghum (*Sorghum bicolor L. Moench*) starch. *International Food Research Journal* 19(1): 315-319.
- Wang FC, Chung DS, Seib PA, dan Kim YS. 2000. Optimum steeping process for wet milling of sorghum. *Cereal Chemistry* 77: 478-483.
- Waniska RD dan Rooney LW. 2000. Structure and chemistry of the sorghum caryopsis. Dalam: Smith CW dan Frederiksen RA, editors. *Sorghum: origin, history, technology, and production*. Canada: John Wiley & Sons, Inc. P 649-688.
- Waries A. 2010. *Teknologi Penggilingan Padi*. PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Wijaya B. 1998. Peluang dan Prospek Agribisnis Produk Substitusi Tepung Terigu. *Dalam Laporan Lokakarya Sehari Prospek Sorgum sebagai Bahan Substitusi Terigu*. PT ISM Bogasari Flour Mills, Jakarta.

Yanagisawa T, Donion E, Fujita M, Kirivuchi-Otobe C, dan Takayama T. 2006. Starch pasting properties and amylase content from 17 waxy barley lines. *Cereal Chem.* 354-357.

Zavareze EDR dan Dias ARG. 2010. Impact of heat-moisture treatment and annealing in starches: a review. *Carbohydrate Polymers*, di: 10.1016/j.carbpol.2010.08.064.

Zhan X, Wang D, Tuinstra MR, Bean S, Seib PA, dan Sun XS. 2003. Ethanol and lactic acid production as affected by sorghum genotype and location. *Industrial Crops and Products* 18: 45-255.

Zhao XC dan Sharp PJ. 1996. An improved I-D SDS-PAGE method for the identification of three bread wheat 'waxy' proteins. *J. Cereal Sci.* 23: 191-193.

Lampiran 1. Tabel Luff School

Na ₂ S ₂ O ₃ 0.1 N (ml)	Glukosa, fruktosa, dan gula inversi (mg)
1	2.4
2	4.8
3	7.2
4	9.7
5	12.2
6	14.7
7	17.2
8	19.8
9	22.4
10	25.0
11	27.6
12	30.3
13	33.0
14	35.7
15	38.5
16	41.3
17	44.2
18	47.1
19	50.0
20	53.0
21	56.0
22	59.1
23	62.2

Lampiran 2. Spesifikasi KETT Digital Whiteness Meter Model C-100

Measurement principle	: reflective index
Measurement range	: 5-70
Sample volume	: approximately 10-15 ml
Response time	: 5 seconds/sample
Resolution	: 0.1%
Display	: whiteness, number of tests
Ambient temperature	: 0-40°C
Ambient humidity	: 0-85% RH (non-condensing)
Power source	: 100-120 V/220-240 VAC max
Functions	: zero, average
Display type	: LED (digital)
Communications	: N/A
Measurement mode	: single
Weight (kg) (net/shipment)	: 8/13
Dimensions (mm)	: 300 W x 105 H x 550 (D)

Lampiran 3. Spesifikasi *Rapid Visco Analyzer*

Rapid Visco Analyzer
RVA TecMaster
Newport Scientific Pty Limited
Australia

Technical specifications

Physical specifications

height (tower down)	320 mm
width	254 mm
depth	398 mm
weight	18 kg

Connections

power supply	AC 230 V \pm 10% 50 Hz or AC 110 V \pm 10% 60 Hz (as marked on label) 500 VA
water supply	1 L/min at maximum 250 kPa (at instrument) < 25°C (chilled water supply required for operation below room temperature)
computer interface	RS-232, 9 pin "D" connector

Operating conditions

operating temperature range	5-40°C
humidity	< 80% (up to 31°C) < 70% (34°C) < 60% (37°C) < 50% (40°C)
altitude	< 2000 m

System

testing temperature range	0-99.9°C
heating/cooling rate	up to \pm 14°C/minute (variable)
test length	up to 100 minutes
speed range	20-1000 rpm (variable)
viscosity range	40-12000 cP at 80 rpm
number of stored test profiles	4 (standard)
data entry	four-key pad
display	4 line x 20 character vacuum fluorescent
installation category	II
(overvoltage category)	
pollution degree	2

Lampiran 4. Spesifikasi Scanning Electron Microscope Model JSM-5310LV

PERFORMANCE

Resolution

Low-vacuum mode : 5.5 nm (WD 8 mm, Accv, 30 kV, backscattered electron image)

High-vacuum mode : 4.0 nm (WD 6 mm, Accv, 30 kV, secondary electron image)

Magnification (Mag.)

Low-vacuum mode : x 15 (WD 48 mm) to 200,000 (25 steps)

Observable Mag. depends on the type of specimen

High-vacuum mode : x 15 (WD 48 mm) to 200,000 (25 steps)

Image modes

Low-vacuum mode : BEI (3 modes: composition, topography, and mixed images)

High-vacuum mode : SEI and BEI (3 modes: composition, topography, and mixed images)

ELECTRON OPTICAL SYSTEM

Accv. : 0.5 to 3 kV; 100 V step (26 steps)

5 to 30 kV; 5 kV steps (6 steps)

Hysteresis elimination function is linked for Accv. change

Electron gun filament : Cartridge type (precentered filament using)

Hinge type gun open/close mechanism

Filament monitor : Built-in

Lampiran 5. Spesifikasi *Ion Coater*

EIKO ENGINEERING, LTD.
50 YAMAAZAKI NAKAMINATO IBARAKI
JAPAN

Model IB-2

Vacuum chamber	: 130 mm ϕ x 110 mmH
Upper electrode (Target)	: 50 mm ϕ (Round)
Lower electrode	: 52 mm ϕ
Specimen mount	: On lower electrode
Cooling of specimen mount	: Water cooling
Clearance between target and specimen mount	: 20 mm, 35 mm
Ionization voltage	: D.C. 0 ~ 1,400 V
Ionization current	: 10 mA (max) on ammeter attached
Coating electrode	: Au; Au – Pd, Pt - Pd
Operating vacuum	: 0.05 ~ 0.2 Torr
Vacuum regulation	: Needle valve controlled
Vacuum gauge	: Not provided
Vacuum pump	: 20 ℓ /min R.P (Separate)
Dimensions	: 384 (W) x 220 (D) x 345 (H)
Weight of main unit	: 14 kg
R.P.	: 22 kg

Lampiran 6. Spesifikasi *Differential Scanning Calorimeter*

Differential Scanning Calorimeter
 SHIMADZU CORPORATION
 Analytical & Measuring Instruments Division
 Kyoto, Japan

Product name : Thermal Analysis System
 Model name : TA-60WS

SPECIFICATIONS

- Temperature range : Ambient ~ 600°C when liquefied nitrogen not supplied
 -140 ~ 600°C when liquefied nitrogen supplied
- Heat flow range : ± 40 mW
- Heat flow noise : 1 μ W_{RMS} (during HOLD at 150°C without sample pans)
- Programmable heating/cooling rate : ± 0.1°C/hr ~ 99.9°C/min
 setting at 0.1°C/min or 0.1°C/hr increment/decrement
- Programmed HOLD period : 1 min ~ 999 hrs
 setting at 1 min or 1 hr increment/decrement
- Detector (thermocouple) : Type K for the sample section temperature
 Type K for the furnace temperature
 Type E for the heat flow (differential measurement)
- Temperature control hardware : Triac firing angle control
- Temperature control software : PID method (0 ~ 10000 variable independent parameters)
- A/D converter resolution : 24 bit
- Communication interface : 1 serial port with the RS-232C protocol

- Analysis conditions
- Heating rate : Typically 1 ~ 50°C/min, or 20°C/min in ISO for plastics
- Atmosphere : Air or inert gas (ordinarily nitrogen)
 Static or in a constant flow at the rate of 30 ~ 50 ml/min
- Environmental pressure : Atmospheric pressure
- Sample volume : Dependent upon the sample pan capacity in use
 e.g., 40 μl in case of a standard aluminum pan
- Sample form : Substance which is solid or liquid at ambient temperature
 (Avoid measuring a sample possibly evolving toxic exhaust or
 generating corrosive degradation products)

- Cooling conditions
- Refrigerant : Liquefied nitrogen
- “Dry” gas : Dry nitrogen gas supply at the rate of 200 ~ 500 ml/min
 required in order to prevent dew/frost formation

- Cleaning condition
- “Cleaning” gas : Clean air supply at the rate of 200 ~ 300 ml/min
 required in order to bake and clean up the furnace/detector
 on/off control with the built-in solenoid valve

- Installation conditions
- Power supply : 110 ~ 130 V AC or 200 ~ 260 V AC, 50/60 Hz, 800 VA or
 Larger
- Ambient temperature : 5 ~ 40°C without dew condensation
- Dimensions : About 320 mm (W) x 505 mm (D) x 295 mm (H)
- Weight : About 21 kg

Lampiran 7. Hasil analisis kadar air biji sorgum varietas numbu setelah *conditioning*

ml	U	W cawan (g)	W cawan+sampel (g)	W sampel (g)	W kering (g)	KA (% bb)	x	SD	KA (% bk)	x	SD
0	1	3.2756	8.9776	5.7020	8.3445	11.10	11.18	0.11	12.49	12.58	0.13
	2	3.2932	8.9134	5.6202	8.2813	11.25			12.67		
20	1	3.2390	7.7903	4.5513	7.2321	12.26	12.32	0.08	13.98	14.05	0.10
	2	3.3013	8.1951	4.8938	7.5895	12.37			14.12		
30	1	3.4723	16.8125	13.3402	15.0418	13.27	13.4	0.19	15.30	15.48	0.25
	2	3.1987	8.1966	4.9979	7.5201	13.54			15.65		
40	1	5.1030	10.7041	5.6011	9.9047	14.27	14.28	0.02	16.65	16.67	0.03
	2	3.4501	9.6850	6.2349	8.7931	14.30			16.69		
50	1	3.3337	8.5833	5.2496	7.8284	14.38	14.30	0.11	16.80	16.69	0.16
	2	3.1958	8.5295	5.3337	7.7709	14.22			16.58		

Lampiran 8. Hasil penyosohan sorgum varietas numbu

100 gram														
ml	U	W awal (g)	W akhir (g)	Yield (%)	x	SD	W utuh (g)	W pecah (g)	% utuh	x	SD	% pecah	x	SD
0	1	101.61	79.85	78.58			3.43	15.99	17.66			82.34		
	2	102.96	80.47	78.16	78.61	0.46	6.79	15.31	30.72	27.84	9.09	69.28	72.16	9.09
	3	102.44	81.01	79.08			7.80	14.40	35.14			64.86		
20	1	100.25	80.93	80.73			7.65	15.24	33.42			66.58		
	2	99.50	77.53	77.92	79.60	1.48	6.96	14.02	33.17	33.87	1.01	66.83	66.13	1.01
	3	101.01	80.96	80.15			8.07	14.97	35.03			64.97		
30	1	99.46	78.66	79.09			8.11	13.90	36.85			63.15		
	2	99.91	79.87	79.94	79.16	0.75	6.58	15.03	30.45	32.43	3.83	69.55	67.57	3.83
	3	101.42	79.56	78.45			6.57	15.34	29.99			70.01		
40	1	99.48	77.51	77.92			7.13	14.03	33.70			66.30		
	2	100.92	79.09	78.37	78.47	0.61	7.52	13.80	35.27	33.97	1.19	64.73	66.03	1.19
	3	100.05	79.16	79.12			7.20	14.66	32.94			67.06		
50	1	100.21	77.92	77.76			6.94	14.50	32.37			67.63		
	2	100.83	79.12	78.47	77.94	0.47	6.45	15.06	29.99	31.09	1.20	70.01	68.91	1.20
	3	99.82	77.44	77.58			6.64	14.85	30.90			69.10		

Lampiran 8. Hasil penyosohan sorgum varietas numbu (lanjutan)

		200 gram													
ml	U	W awal (g)	W akhir (g)	Yield (%)	x	SD	W utuh (g)	W pecah (g)	% utuh	Rata2	SD	% pecah	x	SD	
0	1	200.84	137.34	68.38			6.77	14.82	31.36			68.64			
	2	199.78	141.65	70.90	69.55	1.27	3.66	16.21	18.42	22.3	7.88	81.58	77.7	7.88	
	3	199.97	138.72	69.37			3.39	16.42	17.11			82.89			
20	1	200.47	137.52	68.60			3.13	16.38	16.04			83.96			
	2	199.92	141.88	70.97	69.96	1.22	4.45	16.62	21.12	18.23	2.61	78.88	81.77	2.61	
	3	200.18	140.73	70.30			3.56	16.76	17.52			82.48			
30	1	199.94	137.81	68.93			3.68	15.79	18.90			81.10			
	2	200.06	138.90	69.43	68.79	0.71	3.16	16.54	16.04	16.94	1.7	83.96	83.06	1.7	
	3	200.66	136.49	68.02			3.08	16.30	15.89			84.11			
40	1	200.83	134.88	67.16			2.49	16.48	13.13			86.87			
	2	200.66	137.50	68.52	68.1	0.81	2.90	16.57	14.89	13.83	0.94	85.11	86.17	0.94	
	3	199.60	136.95	68.61			2.60	16.72	13.46			86.54			
50	1	199.51	135.92	68.13			1.93	17.09	10.15			89.85			
	2	199.25	134.96	67.73	67.64	0.53	2.64	16.68	13.66	12.49	2.02	86.34	87.51	2.02	
	3	200.59	134.53	67.07			2.64	16.70	13.65			86.35			

Lampiran 9. Hasil uji *one-way* ANOVA

ANOVA

rendemen

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4.953	4	1.238	1.739	.218
Within Groups	7.121	10	.712		
Total	12.074	14			

Lampiran 10. Hasil isolasi pati sorgum

	Numbu		Genjah	
	1	2	1	2
W awal	5000.01	5000.13	-	-
W setelah conditioning	5095.71	5095.20	-	-
W setelah kadar air	5080.55	5080.07	-	-
W setelah sosoh	3362.20	3557.10	3500.49	1280.34
W pati	272.28	333.15	711.91	238.54
Rendemen (%)	8.10	9.36	20.34	18.63

Lampiran 11. Hasil *independent sample t-test* isolasi pati sorgum

Group Statistics

varietas	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
rendemen numbu	2	8.7300	.89095	.63000
genjah	2	19.4850	1.20915	.85500

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances	t-test for Equality of Means								
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
rendemen	Equal variances assumed	.	.	-10.127	2	.010	-10.75500	1.06204	-15.32458	-6.18542
	Equal variances not assumed			-10.127	1.839	.013	-10.75500	1.06204	-15.73120	-5.77880

Lampiran 12. Hasil analisis proksimat pati sorgum

Kadar air

Varietas	W cawan (g)	W sampel (g)	W kering (g)	KA (%bb)	x (%bb)	SD	RSD A	RSD H	KA (%bk)	x (%bk)	SD	RSD A	RSD H
Numbu	5.3874	2.0283	7.2733	7.02	6.93	0.13	1.84	2.99	7.55	7.44	0.15	2.00	2.96
	4.4478	2.0666	6.3730	6.84					7.34				
Genjah	4.6948	2.0234	6.5906	6.31	6.34	0.05	0.78	3.03	6.73	6.78	0.06	0.94	3.00
	4.7290	2.0586	6.6562	6.38					6.82				

Kadar abu

Varietas	W cawan (g)	W sampel (g)	W kering (g)	KA (%bb)	x (%bb)	SD	RSD A	RSD H	KA (%bk)	x (%bk)	SD	RSD A	RSD H
Numbu	21.4408	2.0564	21.4462	0.26	0.26	0.00	0.00	4.90	0.28	0.28	0.00	0.00	4.84
	19.1276	2.0981	19.1330	0.26					0.28				
Genjah	18.7183	2.0766	18.7267	0.40	0.40	0.00	0.00	4.59	0.43	0.43	0.00	0.00	4.54
	18.7741	2.1228	18.7825	0.40					0.43				

Kadar lemak

Varietas	W sampel (g)	W labu (g)	W labu+lemak (g)	Lemak (%bb)	x (%bb)	SD	RSD A	RSD H	Lemak (%bk)	x (%bk)	SD	RSD A	RSD H
Numbu	2.0691	107.0705	107.0799	0.45	0.44	0.01	3.21	4.53	0.48	0.47	0.01	3.01	4.48
	2.0582	108.6056	108.6145	0.43					0.46				
Genjah	2.0562	101.8081	101.814	0.29	0.30	0.01	4.71	4.79	0.31	0.32	0.01	4.42	4.75
	2.0276	92.2478	92.2541	0.31					0.33				

Lampiran 12. Hasil analisis proksimat pati sorgum (lanjutan)

Kadar protein

Varietas	W sampel (g)	HCl blanko (ml)	HCl sampel (ml)	N HCl	% N	Protein (%bb)	x (%bb)	SD	RSD A	RSD H	Protein (%bk)	x (%bk)	SD	RSD A	RSD H
Numbu	0.0566	0.10	1.20	0.0235	0.64	4.00	3.92	0.11	2.89	3.26	4.30	4.21	0.13	3.02	3.22
	0.0536	0.10	1.10	0.0235	0.61	3.84					4.12				
Genjah	0.0510	0.10	0.80	0.0235	0.45	2.82	2.86	0.06	1.98	3.41	3.01	3.06	0.06	2.08	3.38
	0.0568	0.10	0.90	0.0235	0.46	2.90					3.10				

Lampiran 13. Hasil *independent sample t-test* kadar air pati sorgum

Group Statistics

varietas	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
kadar_air numbu	2	7.4450	.14849	.10500
genjah	2	6.7750	.06364	.04500

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances	t-test for Equality of Means								
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
kadar_air	Equal variances assumed	6.516E15	.000	5.865	2	.028	.67000	.11424	.17848	1.16152
	Equal variances not assumed			5.865	1.355	.063	.67000	.11424	-.13007	1.47007

Lampiran 14. Hasil *independent sample t-test* kadar abu pati sorgum

Group Statistics

	varietas	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
kadar_abu	numbu	2	.2800	.00000 ^a	.00000
	genjah	2	.4300	.00000 ^a	.00000

a. t cannot be computed because the standard deviations of both groups are 0.

Lampiran 15. Hasil *independent sample t-test* kadar lemak pati sorgum

Group Statistics

varietas	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
kadar_lemak numbu	2	.4700	.01414	.01000
genjah	2	.3200	.01414	.01000

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances	t-test for Equality of Means								
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
kadar_lemak	Equal variances assumed	.000	1.000	10.607	2	.009	.15000	.01414	.08915	.21085
	Equal variances not assumed			10.607	2.000	.009	.15000	.01414	.08915	.21085

1. Diakses dari: <https://www.researchgate.net/publication/351111111>
 2. Diakses dari: <https://www.researchgate.net/publication/351111111>

Lampiran 16. Hasil *independent sample t-test* kadar protein pati sorgum

Group Statistics

varietas	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
kadar_protein numbu	2	4.2100	.12728	.09000
genjah	2	3.0550	.06364	.04500

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances	t-test for Equality of Means								
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
kadar_protein	Equal variances assumed	1.959E15	.000	11.478	2	.008	1.15500	.10062	.72205	1.58795
	Equal variances not assumed			11.478	1.471	.020	1.15500	.10062	.53233	1.77767

Lampiran 17. Hasil analisis kadar pati sorgum

Standardisasi Na₂S₂O₃

Berat KIO ₃ (g)	Volume Na ₂ S ₂ O ₃ (ml)	N Na ₂ S ₂ O ₃ (N)	x (N)	SD	RSD A	RSD H
0.1426	39.85	0.1003	0.1002	0.0000	0.07	2.83
0.1421	39.75	0.1002				

Varietas	W sampel (g)	Vb (ml)	Vs (ml)	Vb-Vs (ml)	N Na ₂ S ₂ O ₃ (N)	Volume Na ₂ S ₂ O ₃ (ml)	Bobot glukosa (mg)	FP	Kadar gula (%)	Kadar pati (%)	x	SD	RSD A	RSD H	
Numbu	0.1011	24.75	15.80	8.95	0.1002	8.9679	22.3165	4	88.29	79.46	79.23	79.49	0.37	0.46	2.07
	0.1011	24.75	15.85	8.90	0.1002	8.9178	22.1863	4	87.78	79.00					
	0.1122	24.75	14.80	9.95	0.1002	9.9699	24.9217	4	88.85	79.96	79.75				
	0.1122	24.75	14.85	9.90	0.1002	9.9198	24.7915	4	88.38	79.54					
Genjah	0.1039	24.75	14.90	9.85	0.1002	9.8697	24.6612	4	94.94	85.45	85.45	85.01	0.62	0.73	2.05
	0.1039	24.75	14.90	9.85	0.1002	9.8697	24.6612	4	94.94	85.45					
	0.1083	24.75	14.60	10.15	0.1002	10.1703	25.4428	4	93.97	84.57	84.57				
	0.1083	24.75	14.60	10.15	0.1002	10.1703	25.4428	4	93.97	84.57					

Lampiran 18. Hasil *independent sample t-test* kadar pati sorgum

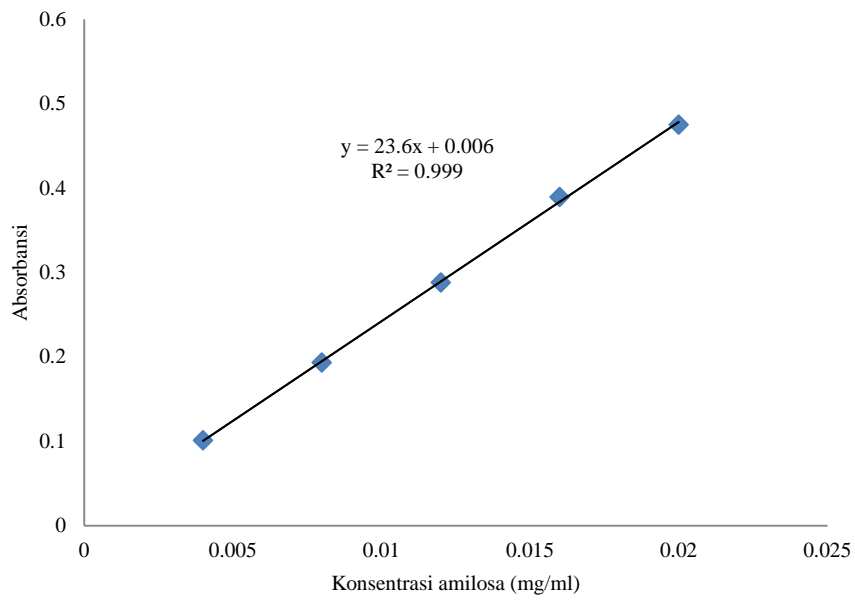
Group Statistics

varietas	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
kadar_pati numbu	4	79.4900	.39345	.19672
genjah	4	85.0100	.50807	.25403

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances	t-test for Equality of Means								
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
kadar_pati Equal variances assumed	2.004	.207	-17.180	6	.000	-5.52000	.32130	-6.30619	-4.73381	
Equal variances not assumed			-17.180	5.646	.000	-5.52000	.32130	-6.31828	-4.72172	

Lampiran 19. Kurva standar amilosa



Lampiran 21. Hasil *independent sample t-test* kadar amilosa pati sorgum

Group Statistics

	Varietas	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
kadar_amilosa	Numbu	4	22.4825	.21376	.10688
	Genjah	4	18.6250	.30556	.15278

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
kadar_amilosa	Equal variances assumed	2.147	.193	20.689	6	.000	3.85750	.18645	3.40127	4.31373
	Equal variances not assumed			20.689	5.369	.000	3.85750	.18645	3.38795	4.32705

Lampiran 22. Hasil analisis densitas kamba pati sorgum

Varietas	U	W gelas ukur (g)	V gelas ukur (ml)	W gelas + pati (g)	W pati (g)	Densitas kamba (g/ml)	x	SD	RSD A	RSD H
Numbu	1	29.6499	10	37.2205	7.5706	0.7571	0.7600	0.0012	0.1582	2.0843
		29.6499	10	37.2640	7.6141	0.7614				
		29.6499	10	37.2413	7.5914	0.7591				
	2	29.6499	10	37.2614	7.6115	0.7612				
		29.6499	10	37.2564	7.6065	0.7606				
		29.6499	10	37.2583	7.6084	0.7608				
Genjah	1	29.6499	10	37.5921	7.9422	0.7942	0.7930	0.0005	0.0624	2.0710
		29.6499	10	37.5880	7.9381	0.7938				
		29.6499	10	37.5688	7.9189	0.7919				
	2	29.6499	10	37.5784	7.9285	0.7928				
		29.6499	10	37.5626	7.9127	0.7913				
		29.6499	10	37.5872	7.9373	0.7937				

Lampiran 24. Hasil analisis derajat putih pati sorgum

	Numbu				Genjah			
	U1		U2		U1		U2	
	1	2	1	2	1	2	1	2
1	91.3	91.3	92.1	92.1	73.3	73.1	72.3	72.2
2	91.3	91.4	92.2	92.2	73.3	73.1	72.3	72.2
3	91.4	91.3	92.2	92.1	73.2	73.2	72.2	72.3
4	91.3	91.3	92.2	92.1	73.3	73.1	72.2	72.3
5	91.3	91.4	92.2	92.2	73.1	73.2	72.2	72.2
6	91.4	91.4	92.2	92.2	73.2	73.3	72.2	72.3
7	91.3	91.3	92.2	92.2	73.1	73.2	72.2	72.3
8	91.3	91.3	92.2	92.1	73.1	73.2	72.2	72.2
9	91.3	91.3	92.2	92.2	73.1	73.1	72.3	72.2
x	91.3222	91.3333	92.1889	92.1556	73.1889	73.1667	72.2333	72.2444

Varietas	U	Whiteness (%)		x	SD	RSD A	RSD H
Numbu	1	91.3222	83.02	83.02	83.41	0.55	0.66
		91.3333	83.03				
	2	92.1889	83.81	83.80			
		92.1556	83.78				
Genjah	1	73.1889	66.54	66.53	66.10	0.6	0.91
		73.1667	66.52				
	2	72.2333	65.67	65.68			
		72.2444	65.68				

Lampiran 25. Hasil *independent sample t-test* derajat putih pati sorgum

Group Statistics

varietas	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
derajat_putih numbu	4	83.4100	.44475	.22237
derajat_putih genjah	4	66.1025	.49372	.24686

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
derajat_putih	Equal variances assumed	28.900	.002	52.092	6	.000	17.30750	.33225	16.49452	18.12048
	Equal variances not assumed			52.092	5.936	.000	17.30750	.33225	16.49238	18.12262

Lampiran 26. Hasil analisis profil gelatinisasi pati sorgum

Varietas	U	VP (cP)	VT (cP)	VB (cP)	VA (cP)	VS (cP)	WP (menit)	SG (°C)
Genjah	1	4897	1828	3069	4162	2334	7.33	75.30
	2	4972	1854	3118	4166	2312	7.27	75.35
	3	5008	1866	3142	4332	2466	7.27	75.30
Numbu	1	3941	2451	1490	4500	2049	8.27	76.05
	2	3903	2527	1376	4533	2006	8.33	76.50
	3	3939	2541	1398	4621	2080	8.33	76.10

Lampiran 27. Hasil analisis DSC pati sorgum

Varietas	U	Peak/T _p (°C)	Onset/T _o (°C)	Endset/T _c (°C)	Heat/ΔH (J/g)	
Numbu	1	1	98.74	90.50	88.84	-168.71
		2	53.10	30.98	33.12	-31.53
	2	1	85.79	30.28	75.19	-144.03
		2	66.25	108.35	57.12	-60.18
Genjah	1	1	63.79	72.63	59.20	-72.74
		2	82.19	18.56	40.79	-105.06
	2	1	86.03	39.63	135.33	-133.92
		2	77.19	30.82	64.67	-82.35

Lampiran 28. Hasil analisis kadar air pati sorgum untuk analisis DSC

Varietas	U	W cawan (g)	W sampel (g)	W kering (g)	KA (%bb)	x	SD	RSD A	RSD H	KA (%bk)	x	SD	RSD A	RSD H
Numbu	1	3.1782	5.1840	7.8237	10.39					11.59				
		3.4659	5.0080	7.9559	10.34	10.34	0.04	0.44	2.81	11.54	11.54	0.05	0.43	2.77
		3.2454	5.0792	7.8013	10.30					11.49				
	2	3.3156	5.0771	7.8781	10.14					11.28				
		3.3789	5.0759	7.9392	10.16	10.15	0.01	0.1	2.82	11.31	11.3	0.02	0.14	2.78
		3.2548	5.1315	7.8652	10.15					11.30				
Genjah	1	3.2757	5.2087	7.9646	9.98					11.08				
		3.1853	5.0587	7.7373	10.01	9.97	0.05	0.51	2.83	11.13	11.07	0.06	0.59	2.78
		5.0979	5.0170	9.6178	9.91					11.00				
	2	5.1055	5.0895	9.6902	9.92					11.01				
		3.4417	5.2808	8.1986	9.92	9.92	0	0.06	2.83	11.01	11.01	0.00	0.05	2.79
		4.9019	5.0681	9.4669	9.93					11.02				



- Halaman 1 dari 10
1. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui dan mendeskripsikan...
 2. Manfaat dari penelitian ini adalah untuk mengetahui dan mendeskripsikan...
 3. Metode penelitian yang digunakan adalah kualitatif dengan pendekatan...
 4. Lokasi penelitian adalah di lingkungan IPB University...
 5. Waktu penelitian adalah selama 1 bulan...