

**ARTIKEL PUBLIKASI
PENELITIAN HIBAH BERSAING**

**KARAKTERISTIK FISIKOKIMIA PATI KACANG MERAH
DAN PATI KACANG KORO PEDANG**

Oleh:

Nani Ratnaningsih, S.T.P., M.P. (NIDN 0011137205)
Prof. Dr. Ir. Y. Marsono, M.S. (NIDN 0023034904)

Dibiayai oleh:

Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat
Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi
Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
Sesuai dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Penugasan Penelitian Hibah Bersaing
Nomor: 28/HB-Multitahun/UN 34.21/2013

**UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
NOVEMBER 2013**

KARAKTERISTIK FISIKOKIMIA PATI KACANG MERAH DAN PATI KACANG KORO PEDANG

¹Nani Ratnaningsih dan ²Y. Marsono

- 1) Jurusan Pendidikan Teknik Boga dan Busana, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta
- 2) Jurusan Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada

ABSTRACT

The aim of this research was to evaluate the physicochemical properties (chemical composition, amylose content, color, and crystalline type) of native legume starches, i.e. kidney bean (*Vigna umbellata*) and sword bean (*Canavalia ensiformis*). Research was done in two steps, i.e. starch extraction of legumes with wet milling method, and physicochemical properties analysis of native legume starches including chemical composition (water, ash, lipid, and protein content), amylose content, color, and crystalline type. The yield of starch was $25.49 \pm 3.38\%$ (kidney bean) and $8.95 \pm 1.74\%$ (sword bean). Chemical composition of legume starches (% dry basis) included water content 11.54 ± 0.06 and 8.39 ± 0.03 , ash 0.25 ± 0.02 and 0.23 ± 0.01 , protein 0.20 ± 0.07 and 0.38 ± 0.06 , and lipid 0.29 ± 0.02 and 0.16 ± 0.02 for kidney bean starch and sword bean starch, respectively. Amylose content of native starches was $44.83 \pm 1.56\%$ (kidney bean starch) and $61.50 \pm 1.49\%$ (sword bean starch). All native legume starches had similar color and tended to white color with *L* (lightness) values ranged from 95.55 ± 0.17 (kidney bean starch) to 96.25 ± 0.25 (sword bean starch), *a* values (greenness/redness) ranged from -0.31 ± 0.23 (sword bean starch) to 0.22 ± 0.03 (kidney bean starch), and *b* values (yellowness/blueness) ranged from 3.87 (kidney bean starch) to 3.91 ± 0.14 (sword bean starch). Crystalline structure of native kidney bean and sword bean starches had type C with the main peaks at 15° , 17° , and 23° .

Keywords: physicochemical properties, legume starch, kidney bean, sword bean

Pendahuluan

Kacang-kacangan (legume) merupakan tanaman biji berkeping dua yang termasuk famili Leguminosae, terdiri dari ± 750 genera dan 16.000-19.000 spesies (Hoover dkk, 2010). Di antara ribuan spesies legume, hanya sekitar 60 spesies yang dibudidayakan dan dikonsumsi sebagai bahan pangan bagi manusia, antara lain kedelai, kacang tanah, buncis, kacang polong, dan lentil (Satya dkk, 2010). Legume mengandung karbohidrat dalam jumlah dominan, yaitu 55-65% dari berat kering, terdiri dari pati dan polisakarida bukan pati (*non starch polysaccharides*) atau serat pangan, serta oligosakarida. Selain karbohidrat, legume juga mengandung protein tinggi sebesar 20-50% dan kadar lemak rendah sebesar 0,01-0,48% sehingga digunakan sebagai bahan pangan sumber protein dan diet bagi penderita penyakit kardiovaskuler, diabetes, dan kanker kolon (Hoover dkk, 2010; Satya dkk, 2010).

Kadar pati total pada legume berkisar 18-49% dengan kadar amilosa berkisar 11,6-88,0%. Sebagian besar pati legume mempunyai struktur kristalin tipe C dengan kristalinitas berkisar 17,0-34,0%, kecuali pada pati *wrinkled pea* yang menunjukkan struktur tipe B (Hoover dkk, 2010). Sementara itu Sandhu dan Lim (2008) melaporkan pati dari black gram, chickpea, kacang hijau, lentil, field pea, dan pigeon pea mempunyai struktur kristalin tipe C dengan kristalinitas berkisar 27,2-33,5%. Legume juga kaya vitamin B kompleks (tiamin, riboflavin, dan niasin) dan mineral seperti K, Ca, Mg, Cu, Fe, dan Zn. Namun konsumsi legume dibatasi oleh adanya beberapa senyawa antigizi seperti α -galaktosida, inhibitor tripsin dan khimotripsin, fitat, lektin, dan polifenol sehingga mengganggu absorpsi zat-zat gizi di usus halus (Satya dkk, 2010).

Pati legume bersifat lambat dicerna, mempunyai indeks glikemik rendah, dan dapat difermentasi di usus besar sehingga menghasilkan asam lemak rantai pendek (*short chain fatty acid* atau SCFA) yang sangat menguntungkan bagi kesehatan kolon (Sandhu dan Lim, 2008). Oleh karena peran penting yang terdapat pada pati legume bagi kesehatan manusia, maka penelitian tentang pati dari berbagai spesies legume semakin meningkat, khususnya bagi industri pengolahan pangan dan ahli gizi yang mencari pati legume dengan sifat fungsional tertentu untuk memenuhi kebutuhan konsumen.

Kacang merah (*Vigna umbellata*) merupakan salah satu jenis kacang-kacangan yang sudah populer di masyarakat Indonesia. Konsumsi kacang merah selama ini dalam bentuk makanan dan minuman. Sebaliknya konsumsi kacang koro pedang (*Canavalia ensiformis*) masih sangat terbatas karena adanya senyawa HCN dan konkanavalin A yang bersifat racun sehingga masyarakat enggan untuk mengonsumsi dan mengolah kacang koro pedang. Sampai saat ini penelitian pati legume di Indonesia masih sangat terbatas, termasuk pati dari kacang merah dan kacang koro pedang. Tujuan penelitian ini adalah mengevaluasi karakteristik fisikokimia (komposisi kimia, kadar amilosa, warna, dan tipe struktur kristalin) pati alami dari kacang merah (*Vigna umbellata*) dan kacang koro pedang (*Canavalia ensiformis*). Dengan demikian hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan pemanfaatan pati kacang merah dan kacang koro pedang pada produk pangan olahan.

Bahan dan Metode

Sampel dan bahan kimia

Sampel penelitian berupa kacang merah (*Vigna umbellata*) yang diperoleh dari Toko Suka Tani, Magelang dan kacang koro pedang (*Canavalia ensiformis*) yang diperoleh dari

distributor kacang-kacangan di Jl. Ahmad Dahlan, Yogyakarta. Gambar 1 menunjukkan sampel penelitian yang digunakan. Bahan-bahan kimia yang digunakan meliputi NaOH 0,2% dan HCl 0,1 N untuk ekstraksi pati; katalisator (campuran HgO dan Na₂SO₄, 1:20), H₂SO₄ pekat, larutan NaOH, asam borat 4%, indikator BCG+MR, HCl 0,022 N untuk pengujian kadar protein; petroleum eter untuk pengujian kadar lemak; serta etanol 95%, larutan iodin, standar amilosa, NaOH 1 M, asam sitrat 0,3 N, larutan KI 2%, dan aquades untuk pengujian kadar amilosa.



a. Kacang merah (*Vigna umbellata*)



b. Kacang koro pedang (*Canavalia ensiformis*)

Gambar 1. Sampel kacang merah dan kacang koro pedang

Ekstraksi pati kacang-kacangan

Ekstraksi pati kacang-kacangan dilakukan dengan metode Huang dkk (2007) dengan modifikasi. Proses ekstraksi pati kacang-kacangan dimulai dengan penghilangan kulit ari terlebih dahulu dengan menggunakan blender (kacang merah), sedangkan kacang koro pedang tidak dilakukan penghilangan kulit ari karena bijinya sangat keras dan ukurannya lebih besar daripada kacang-kacangan lainnya. Langkah berikutnya adalah perendaman dengan menggunakan aquabidest (rasio air:biji kacang = 3:1) selama 24 jam pada suhu 4°C untuk memperlunak biji sehingga mempermudah dalam proses penggilingan. Khusus untuk kacang koro pedang, proses perendaman dilakukan selama 3 hari untuk mengurangi kadar HCN yang cukup tinggi. Air perendam dibuang dan selanjutnya dilakukan penggilingan dengan blender pada kecepatan tinggi. Slurry yang diperoleh disaring dengan kain saring dan ditampung dalam wadah plastik. Bagian yang tidak tersaring diperas dan dikumpulkan untuk digiling kembali sebanyak 3 kali. Hasil penyaringan diendapkan selama 24 jam pada suhu 4°C. Bagian atas dibuang dan endapan yang ada ditambah dengan larutan 0,2% NaOH sampai pH 11 lalu diaduk sampai homogen. Selanjutnya diendapkan lagi selama 24 jam pada suhu

4°C. Langkah berikutnya dilakukan penambahan HCl 0,1 N sampai diperoleh pH 6 dan diendapkan lagi selama 24 jam pada suhu 4°C, dicuci dengan aquabidest sampai diperoleh endapan pati berwarna putih. Endapan ini ditampung pada loyang aluminium dan dikeringkan pada suhu 50°C selama 24 jam. Endapan pati yang sudah kering ini digiling dengan blender dan diayak ukuran 80 mesh. Pati yang diperoleh ini dimasukkan ke dalam wadah plastik kedap udara dan disimpan pada suhu 4°C sampai siap digunakan untuk analisis.

Pengujian komposisi kimia

Pengujian komposisi kimia dilakukan pada biji dan pati alami kacang-kacangan meliputi analisis kadar air (metode thermogravimetri), abu (metode pengabuan kering), protein (metode mikro Kjeldahl), dan lemak (metode Soxhlet).

Pengujian kadar amilosa

Pengujian kadar amilosa dilakukan dengan metode Juliano (1971) dalam Mohammadkhani dkk (1999). Prinsip analisis amilosa adalah amilosa akan berwarna biru bila bereaksi dengan senyawa iod. Intensitas warna biru berbeda-beda tergantung pada kadar amilosa dalam bahan. Sebanyak 5 mg pati dimasukkan ke dalam *beaker glass* 25 ml dan ditambah 1 ml etanol dan 2,7 ml NaOH 1 M agar pati terdispersi dengan baik. Dispersi pati tersebut selanjutnya dipanaskan di dalam air mendidih selama 15 menit sehingga dapat tergelatinisasi dengan sempurna. Kemudian *beaker glass* didinginkan dan pati dicuci dengan air distilat sebanyak 2-3 kali dan dimasukkan ke dalam labu volumetrik 25 ml. Labu volumetrik divorteks dan kemudian diambil sebanyak 2,5 ml, dimasukkan ke dalam tabung reaksi terpisah, dinetralsir dengan 2 ml asam sitrat 0,3 N dan ditambah dengan 1 ml larutan iodin. Larutan iodin harus baru. Ke dalam tabung reaksi tersebut kemudian ditambahkan 14,5 ml air distilat, selanjutnya didinginkan dalam lemari es selama 20 menit. Setelah dingin, divorteks dan kemudian dibaca absorbansinya menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 620 nm. Untuk menghitung kadar amilosa, maka dibuat kurva standar amilosa sehingga kadar amilosa dapat dihitung.

Pengujian warna

Sampel pati alami kacang-kacangan dianalisis warnanya (nilai L, a, dan b) dengan Chromameter CR-400 (Konica Minolta Optics, Inc.) untuk mengetahui derajat keputihan pati.

Pengujian tipe struktur kristalin

Pengujian tipe struktur kristalin pati kacang-kacangan dilakukan dengan metode Hughes dkk (2009) menggunakan *X-ray diffractogram* tipe XRD-6000 (Shimadzu) dengan radiasi $\text{CuK}\alpha$ ($\lambda = 0,154 \text{ nm}$) pada kondisi operasional: tegangan 40 kV, arus 30 mA, waktu 0,24 detik, *aging time* 5 menit, *scatter slit width* 1,0 mm, *scanning range* 3-70°, *scan speed* 5,00°/min, dan *receiving slit width* 0,3 mm. Semua sampel diatur sampai kadar air setimbang ($\pm 23\%$) dalam desikator jenuh dengan larutan K_2SO_4 (25° C, $a_w = 0,98$) dan bertutup pada suhu ruang selama 2 hari sebelum dianalisis.

Hasil dan Pembahasan

Rendemen pati

Rendemen pati kacang-kacangan sebesar $8,95 \pm 1,74 \%$ pada kacang koro pedang dan $25,49 \pm 3,38 \%$ pada kacang merah (Tabel 1). Nampak bahwa rendemen pati yang diekstrak dari kacang koro pedang relatif rendah (kurang dari 10%) dibandingkan dengan kacang merah. Hal ini diduga disebabkan oleh karakteristik pati pada kacang koro yang terikat cukup kuat dengan komponen lain sehingga tidak dapat diekstrak secara sempurna. Hoover dkk (2010) melaporkan bahwa rendemen pati kacang-kacangan berkisar dari 12% (beach pea) sampai dengan 49% (pigeon pea). Selanjutnya Hoover dkk (2010) menyatakan rendemen pati kacang hijau, kacang tunggak, kacang merah berturut-turut sebesar 31%, 37%, dan 25-45%. Perbedaan rendemen ini disebabkan oleh metode ekstraksi yang berbeda (*wet milling* atau *dry milling*), kondisi ekstraksi (suhu, pH, kain saring), serta perbedaan jenis dan varietas bahan.

Tabel 1. Rendemen pati kacang-kacangan (%)

Sampel	Rendemen pati (%)
Kacang merah	$25,49 \pm 3,38$
Kacang koro pedang	$8,95 \pm 1,74$

Komposisi kimia pati

Komposisi kimia biji kacang-kacangan dapat dilihat pada Tabel 2. Nampak bahwa kedua sampel mempunyai komposisi kimia yang hampir sama. Kadar air kedua jenis kacang masih di bawah 15%. Hal ini menunjukkan kedua sampel kacang-kacangan mempunyai tingkat kekeringan yang baik sehingga dapat mencegah kerusakan selama penyimpanan. Kadar abu sebesar $3,06 \pm 0,15\%$ (kacang koro pedang) dan $4,04 \pm 0,03\%$ (kacang merah). Tingginya kadar abu ini menunjukkan kacang-kacangan merupakan sumber mineral seperti

K, Ca, Mg, Cu, Fe, Zn (Satya dkk, 2010). Protein kacang merah sebesar $26,71 \pm 0,76\%$ dan kacang koro pedang $28,33 \pm 0,69\%$ sehingga kedua jenis kacang-kacangan tersebut dapat berfungsi sebagai bahan pangan sumber protein nabati. Lemak pada kacang-kacangan relatif rendah, yaitu $1,61 \pm 0,02\%$ (kacang merah) dan $1,70 \pm 0,02\%$ (kacang koro pedang). Dengan demikian kacang-kacangan merupakan bahan pangan yang rendah lemak sehingga dapat digunakan sebagai makanan fungsional bagi penderita hiperkholesterolemia.

Tabel 2. Komposisi kimia biji kacang-kacangan (% berat kering)

Sampel biji	Air	Abu	Protein	Lemak
Kacang merah	12,37 ± 0,13	4,04 ± 0,03	26,71 ± 0,76	1,61 ± 0,02
Kacang koro pedang	13,15 ± 0,07	3,06 ± 0,15	28,33 ± 0,69	1,70 ± 0,02

Komposisi kimia pati kacang-kacangan dapat dilihat pada Tabel 3. Bila dibandingkan dengan data Tabel 2, pati kacang-kacangan sudah memiliki tingkat kemurnian yang cukup tinggi karena rendahnya kadar abu, protein, dan lemak. Kandungan mineral, protein, dan lemak yang rendah ini sangat mempengaruhi pembentukan RS3.

Tabel 3. Komposisi kimia pati kacang-kacangan (% berat kering)

Sampel pati	Air	Abu	Protein	Lemak
Kacang merah	11,54 ± 0,06	0,25 ± 0,02	0,20 ± 0,07	0,29 ± 0,02
Kacang koro pedang	8,39 ± 0,03	0,23 ± 0,01	0,38 ± 0,06	0,16 ± 0,02

Kadar abu yang tinggi menunjukkan tingginya kandungan mineral yang dapat mencegah pembentukan RS3. Ion-ion tertentu seperti kalsium dan kalium dapat menurunkan pembentukan RS karena diduga ion tersebut dapat mencegah pembentukan ikatan hidrogen antara rantai amilosa dan amilopektin. Hoover dkk (2010) merangkum komposisi kimia pati kacang-kacangan terdiri dari lemak total berkisar 0,01-1,40% dan protein berkisar 0,01-0,43%. Lipid dapat membentuk kompleks amilosa-lipid yang menyebabkan semakin sedikit rantai amilosa yang tersedia untuk pembentukan RS3. Kompleks amilosa-lipid bersifat dapat didegradasi oleh enzim. Penurunan pencernaan pati ini tergantung oleh jenis lipid (monogliserida membentuk kompleks yang sangat resisten terhadap amilolisis) dan rasio amilosa:amilopektin (Marsono, 1998; Sajilata dkk, 2006).

Rendahnya kadar protein pada kedua sampel pati kacang-kacangan dapat mempengaruhi pembentukan RS3. Interaksi pati-protein dapat mengurangi pembentukan RS, misal pati kentang ditambah dengan albumin kemudian dipanaskan lalu didinginkan (Sajilata dkk, 2006). Pada beberapa pangan olahan, protein dapat menyebabkan enkapsulasi granula pati dan menjadi penghalang fisik yang dapat membatasi aksesibilitas enzim amilase

sehingga meningkatkan resistensi pati dan menunda pencernaan pati secara *in vitro* (Singh dkk, 2010).

Kadar amilosa pati

Kadar amilosa pati kacang merah sebesar $44,83 \pm 1,56$ % dan pati kacang koro pedang $61,50 \pm 1,49$ % (Tabel 4). Hoover dkk (2010) melaporkan kadar amilosa pada pati kacang-kacangan berkisar dari 11,6% (pati yam bean) sampai dengan 88,0% (pati wrinkled pea). Amilosa pada pati kidney bean (kacang merah) berkisar dari 34,0-41,%, sedangkan pada pati cowpea (kacang tunggak) berkisar 25,8-33,0% dan pati mung bean (kacang hijau) berkisar 33,0-45,3%. Perbedaan kadar amilosa ini dipengaruhi oleh perbedaan metode analisis kadar amilosa, perbedaan jenis dan varietas, serta perbedaan kondisi fisiologis biji kacang-kacangan (Hoover dkk, 2010).

Tabel 4. Kadar amilosa pati kacang-kacangan (% berat kering)

Sampel pati	Kadar amilosa
Kacang merah	$44,83 \pm 1,56$
Kacang koro pedang	$61,50 \pm 1,49$

Makin tinggi kadar amilosa dapat menurunkan pencernaan pati karena terdapat korelasi positif antara kadar amilosa dengan pembentukan RS. Makin banyak amilosa maka pati makin sulit mengalami gelatinisasi dan makin mudah bergabung membentuk struktur kristal padat atau mengalami retrogradasi (Marsono, 1998; Topping dkk, 2003). Sebagai contoh tepung jagung tinggi amilosa dengan kadar amilosa 70% mempunyai RS sebesar 20 g/100 g berat kering dan tepung jagung biasa dengan kadar amilosa 25% hanya mengandung RS sebesar 3 g/100 g berat kering (Sharma dkk, 2008).

Menurut Sharma dkk (2008), amilosa merupakan rantai lurus yang bersifat amorf, sedangkan amilopektin merupakan rantai bercabang yang bersifat kristalin. Rantai lurus pada amilosa membatasi akses β -amilase ke dua terminal unit glukosa pada rantai amilosa di dalam usus halus karena membentuk lipatan. Sebaliknya, amilopektin mempunyai banyak rantai cabang dan memberikan lebih banyak terminal unit glukosa sehingga lebih mudah diakses oleh enzim β -amilase.

Panjang rantai amilosa mempengaruhi pembentukan RS. Eerlingen dkk (1993) membuktikan agregasi heliks amilosa dalam struktur kristalin tipe B dapat meningkatkan kadar RS. Pembentukan struktur heliks ganda membutuhkan derajat polimerisasi (DP) amilosa minimal 10 unit glukosa dan maksimal 100 unit glukosa (Haralampu, 2000),

sedangkan Tharanathan dan Mahadevamma (2003) menyebutkan minimal 30-40 unit glukosa. Sementara itu pembentukan RS3 pada pangan olahan melibatkan retrogradasi amilosa. Laju dan banyaknya pati yang mengalami retrogradasi setelah gelatinisasi sangat ditentukan oleh banyaknya amilosa. Amilosa teretrogradasi pada kacang polong, jagung, gandum, dan kentang bersifat sangat resisten terhadap amilolisis (Sajilata dkk, 2006).

Warna pati

Warna adalah sifat penampilan suatu bahan yang berhubungan dengan distribusi sinar yang mengenai bahan tersebut. Secara fisika, warna merupakan karakteristik sinar yang dapat diukur dengan intensitas (energi radiasi) dan panjang gelombang. Warna pati alami kacang-kacangan diukur dengan kromameter CR-400 Konica Minolta yang pengukurannya berdasarkan sistem Hunter. Sistem Hunter disebut juga warna seragam (*uniform-color*) dan warna lawan (*opponent-color*) berdasarkan teori warna. Pada teori ini diasumsikan bahwa terdapat tombol sinyal intermediet (*intermediate signal-switching*) antara reseptor sinar dalam retina dan syaraf optik yang mentransmisikan sinyal warna ke otak. Dalam mekanisme ini, respon warna merah dibandingkan dengan warna hijau dan menghasilkan dimensi warna merah kehijauan (*red-to-green*). Respon warna hijau dibandingkan dengan biru dan menghasilkan dimensi warna kuning kebiruan (*yellow-to-blue*). Dua dimensi warna ini dinyatakan dengan simbol a dan b. Dimensi warna ketiga adalah *lightness* (L) yang non-linear dan biasanya menunjukkan akar kuadrat dari Y.

Instrumen pada sistem Hunter terdiri dari 3 sirkuit yang terpisah, filter dan fotosel yang mendekati fungsi X, Y, dan Z pada sistem CIE. Nilai Rd (*diffuse reflectance*) atau L (*lightness*) pada sistem Hunter dapat dibandingkan secara langsung dengan nilai Y pada sistem CIE atau *value* pada sistem Munsell. Nilai a positif pada sistem Hunter menunjukkan warna kehijauan (*greenness*) dan nilai a negatif menunjukkan warna kemerahan (*redness*), sedangkan nilai b positif pada sistem Hunter menunjukkan warna kekuningan (*yellowness*) dan nilai b negatif menunjukkan kebiruan (*blueness*). Nilai L berkisar dari 0 (hitam) sampai dengan 100 (putih). Nilai a berkisar dari nilai positif (+) yang menunjukkan warna kemerahan sampai dengan nilai negatif (-) yang menunjukkan warna kehijauan. Nilai b berkisar dari nilai positif (+) yang menunjukkan warna kekuningan sampai dengan nilai negatif (-) yang menunjukkan warna kebiruan.

Warna pati alami kacang-kacangan dapat dilihat pada Tabel 5 yang menunjukkan kedua sampel pati mempunyai warna putih dengan derajat keputihan atau nilai L sebesar $95,55 \pm 0,17$ (pati kacang merah) dan $96,25 \pm 0,25$ (pati kacang koro pedang), nilai a sebesar

-0,31±0,23 (pati kacang koro pedang) dan 0,22±0,03 (pati kacang merah), dan nilai b sebesar 3,87±0,19 (pati kacang merah) dan 3,91±0,14 (pati kacang koro pedang).

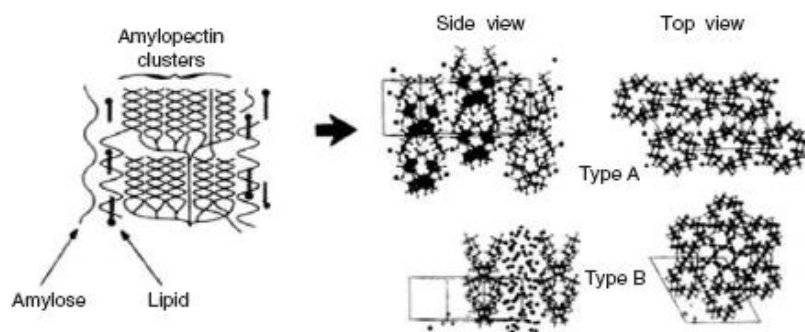
Tabel 5. Hasil pengukuran warna pati alami kacang-kacangan

Sampel pati	L	a	b
Kacang merah	95,55 ± 0,17	0,22 ± 0,03	3,87 ± 0,19
Kacang koro pedang	96,25 ± 0,25	-0,31 ± 0,23	3,91 ± 0,14

Tipe struktur kristalin

Difraksi sinar X menunjukkan granula pati bersifat semikristalin sebagai akibat tingginya derajat orientasi molekul glukosa. Sekitar 70% dari massa granula pati bersifat amorf yang disusun terutama oleh amilosa meskipun ada sebagian kecil amilopektin, dan 30% bersifat kristalin yang disusun oleh amilopektin. Ada 4 tipe struktur kristalin pati berdasarkan difraksi sinar X, yaitu tipe A, tipe B, tipe C, dan tipe V. Keempat tipe tersebut dipengaruhi oleh panjang rantai amilopektin, densitas kemasan dalam granula, dan keberadaan air. Tipe A dan tipe B merupakan modifikasi kristalin sesungguhnya, sedangkan tipe C dan tipe V merupakan bentuk campuran (Sajilata dkk, 2006; Sharma dkk, 2008).

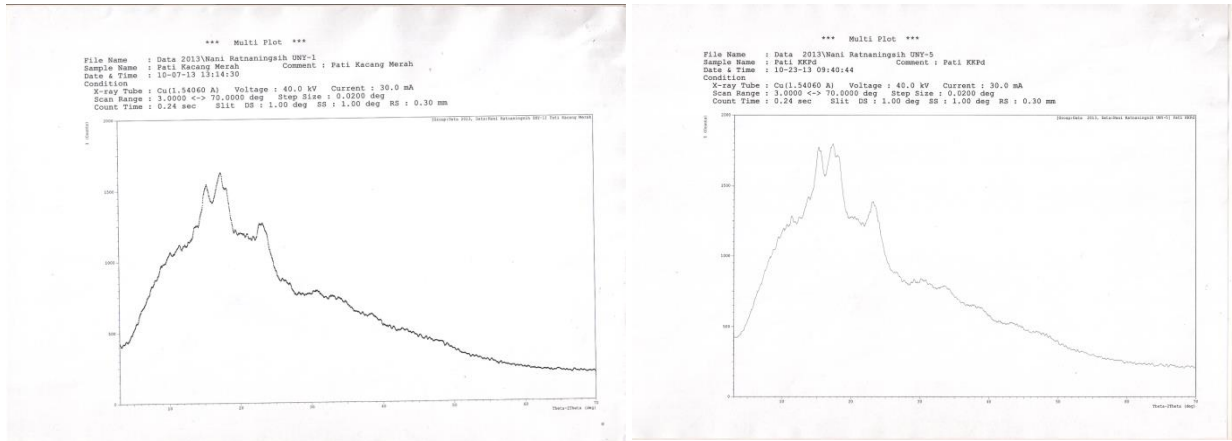
Menurut Sajilata dkk (2006), struktur tipe A mempunyai amilopektin dengan panjang rantai 23-29 molekul glukosa. Ikatan hidrogen antar gugus hidroksil dari rantai molekul amilopektin menghasilkan pembentukan struktur heliks ganda terluar. Pada antar *micelle* ini, rantai lurus amilosa dikemas oleh ikatan hidrogen dengan rantai lurus dari amilopektin paling luar. Pola ini banyak dijumpai pada pati sereal. Struktur tipe B disusun oleh amilopektin dengan panjang rantai 30-44 molekul glukosa dan molekul air berada menyebar di dalam (*inter-spread*). Pola ini umumnya dijumpai pada pati kentang mentah dan pati pisang. Struktur kristalin pati tipe A dan tipe B ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Struktur kristalin pati tipe A dan tipe B

Sumber: Perez dkk (2009) dalam BeMiller dan Whistler (2009)

Struktur kristalin pati alami kacang-kacangan ditentukan dengan X-Ray Diffractometer (XRD-6000, Shimadzu). Difraktogram pati alami kacang-kacangan disajikan pada Gambar 3.



a. Difraktogram pati kacang merah

b. Difraktogram pati kacang koro pedang

Gambar 3. Difraktogram pati kacang-kacangan

Berdasarkan difraktogram tersebut diperoleh puncak utama dengan karakteristik seperti pada Tabel 6. Nampak ada 3 puncak utama, yaitu pada 15°, 17°, dan 23° 2θ pada kedua sampel pati alami kacang-kacangan. Hal ini mengindikasikan bahwa pati alami kacang merah dan kacang koro pedang mempunyai struktur kristalin tipe C.

Tabel 6. Karakteristik puncak utama (*major peaks*) pada difraktogram pati alami kacang-kacangan

Sampel pati	Peak 1		Peak 2		Peak 3	
	Intensity (counts)	Bragg angle ($^{\circ}$ 2 θ)	Intensity (counts)	Bragg angle ($^{\circ}$ 2 θ)	Intensity (counts)	Bragg angle ($^{\circ}$ 2 θ)
Kacang merah	234	15,3800	280	17,4066	174	23,3300
Kacang koro pedang	296	15,3180	314	17,3766	209	23,3200

Struktur tipe C disusun oleh amilopektin dengan panjang rantai 26-29 molekul glukosa dan merupakan kombinasi struktur tipe A dan tipe B. Pola ini banyak ditemukan pada polong-polongan dan kacang-kacangan. Struktur tipe V dijumpai pada pati yang mengalami pembengkakan dan menggambarkan amilosa yang diperoleh sebagai heliks tunggal dan dikristalkan bersama (*co-crystallized*) dengan senyawa seperti iodine, dimetil disulfida (DMSO), alkohol atau asam lemak, namun tidak dilibatkan dalam heliks amilosa. Pada kompleks amilosa-lipid diasumsikan bagian alifatik dari lipid terletak di bagian dalam

dari heliks amilosa, sedangkan bagian polar terletak di bagian luar sehingga menjadi terlalu besar untuk dikeluarkan. Kompleks amilosa-lipid dapat bersifat kristalin atau amorf tergantung pada suhu pembentukan kompleks tersebut. Struktur tipe V juga dapat diperoleh dari pemanasan pati mentah dengan jumlah air terbatas sehingga terjadi penggabungan pati dengan lipid (Sajilata dkk, 2006; Sharma dkk, 2008).

Sebagian besar pati kacang-kacangan mempunyai struktur kristalin tipe C dengan kristalinitas berkisar 17,0-34,0%, kecuali pati *wrinkled pea* dengan struktur tipe B (Hoover dkk, 2010). Sandhu dan Lim (2008) melaporkan pati dari *black gram*, *chickpea*, kacang hijau, lentil, *field pea*, dan *pigeon pea* mempunyai struktur kristalin tipe C dengan kristalinitas berkisar 27,2-33,5%.

Kesimpulan

Rendemen pati sebesar $25,49 \pm 3,38\%$ (kacang merah) and $8,95 \pm 1,74\%$ (kacang koro pedang). Komposisi kimia (% berat kering) pati kacang merah dan pati kacang koro pedang meliputi kadar air $11,54 \pm 0,06\%$ dan $8,39 \pm 0,03\%$, abu $0,25 \pm 0,02\%$ dan $0,23 \pm 0,01\%$, protein $0,20 \pm 0,07\%$ dan $0,38 \pm 0,06\%$, serta lemak $0,29 \pm 0,02\%$ dan $0,16 \pm 0,02\%$. Kadar amilosa pati alami kacang-kacangan sebesar $44,83 \pm 1,56\%$ (pati kacang merah) dan $61,50 \pm 1,49\%$ (pati kacang koro pedang). Kedua pati alami kacang-kacangan mempunyai warna hampir sama dan cenderung ke warna putih dengan nilai L (lightness) sebesar $95,55 \pm 0,17$ (pati kacang merah) dan $96,25 \pm 0,25$ (pati kacang koro pedang), nilai *a* (greenness/redness) sebesar $-0,31 \pm 0,23$ (pati kacang koro pedang) dan $0,22 \pm 0,03$ (pati kacang merah), dan nilai *b* (yellowness/blueness) sebesar $3,87 \pm 0,19$ (pati kacang merah) dan $3,91 \pm 0,14$ (pati kacang koro pedang). Struktur kristalin pati alami kacang merah dan kacang koro pedang mempunyai tipe C dengan puncak utama pada 15° , 17° , and 23° 2θ .

Ucapan Terima Kasih

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan yang telah memberikan bantuan dana sesuai dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Penugasan Penelitian Hibah Bersaing Nomor: 28/HB-Multitahun/UN 34.21/2013.

Daftar Pustaka

BeMiller, J. dan R. Whistler. 2009. Starch: Chemistry and Technology. Third Edition. Elsevier Inc, Oxford, UK.

- Eerlingen RC, Deceuninck M, dan Delcour JA. 1993. Enzyme-resistant starch. II. Influence of amylose chain length on resistant starch formation. *Cereal Chemistry* 70 (3):345–50.
- Güzel, D. dan Sedat Sayar. 2010. Effect of cooking methods on selected physicochemical and nutritional properties of barlotto bean, chickpea, faba bean, and white kidney bean. *J Food Sci Technol*. DOI 10.1007/S13197-011-0260-0
- Haralampu, S.G. 2000. Resistant starch-a review of the physical properties and biological impact of RS3. *Carbohydr Polymer* 41:285–92.
- Hoover, R., T. Hughes, H.J. Chung, Q. Liu. 2010. Composition, Molecular Structure, Properties, and Modification of Pulse Starches: A Review. *Food Research International* 43: 399–413. doi:10.1016/J.Foodres.2009.09.001
- Huang, J., Schols, H. A., Van Soest, J. J. G., Jin, Z., Sulmann, E., dan Voragen, G. J. A. 2007. Physicochemical properties and amylopectin chain profiles of cowpea, chickpea and yellow pea starches. *Food Chemistry*, 101, 1338–1345. doi:10.1016/j.foodchem.2006.03.039.
- Hughes, T., R. Hoover, Q. Liu, E. Donner, R. Chibbar, dan S. Jaiswal. 2009. Composition, morphology, molecular structure, and physicochemical properties of starches from newly released chickpea (*Cicerarietinum* L.) cultivars grown in Canada. *Food Research International* 42 (2009) 627–635. doi:10.1016/j.foodres.2009.01.008.
- Juliano, B.O. 1971. A simplified assay for milled rice amylose. *Cereal Sci. Today* 16:334–338.
- Marsono, Y., P. Wiyono, dan Zuheid Noor. 2001. Penentuan Indeks Glisemik Kacangkacangan, Faktor Determinan dan Uji Efek Hipoglikemiknya. http://lib.ugm.ac.id/digitasi/index.php?module=cari_hasil_full&idbuku=432
- Mohammadkhani, A., F. L. Stoddard, D. R. Marshal, M. N. Uddin, dan X. Zhao. Starch extraction and amylose analysis from half seeds. *Starch/Stärke* 1999, 51, 62–66.
- Perez, S., Paul M. Baldwin, dan Daniel J. Gallant. 2009. Structural Features of Starch Granules I. Dalam BeMiller, J. dan R. Whistler. 2009. *Starch: Chemistry and Technology*. Third Edition. Elsevier Inc, Oxford, UK.
- Satya, S., Geetanjali Kaushik, S. N. Naik. 2010. Processing of food legumes: a boon to human nutrition. *Mediterr J Nutr Metab* (2010) 3:183–195. DOI 10.1007/s12349-010-0017-8
- Sajilata, M.G. Rekha S. Singhal, dan Pushpa R. Kulkarni. 2006. Resistant Starch-A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 5, 1–17.
- Sandhu, K. S., & Lim, S. 2008. Digestibility of legume starches as influenced by their physical and structural properties. *Carbohydrate Polymers*, 71, 245–252. doi:10.1016/j.carbpol.2007.05.036

Sharma, A., Yadav, B. S., & Ritika. 2008. Resistant starch: Physiological roles and food applications. *Food Reviews International*, 24, 193–234.

Tharanathan, R.N. dan S. Mahadevamma. 2003. Grain legumes—a boon to human nutrition. *Trends in Food Science & Technology* 14 (2003) 507–518. doi:10.1016/j.tifs.2003.07.002