

Sifat-sifat dan Tingkah Laku dari Amilum

Oleh Daya Pamudji.

INTISARI

Industri amilum merupakan suatu hal yang akan memegang peranan penting pada masa mendatang, untuk itu diperlukan adanya pengetahuan yang mendalam mengenai sifat fisik dan kimia dari amilum.

Telah diketahui pula bahwa setiap jenis amilum, yang tergantung dari asal botaniknya, mempunyai sifat dan tingkah laku yang tidak sama.

Secara umum dibahas hal-hal mengenai sumber, produksi, komposisi kimia dan struktur kimia dari amilum. Demikian pula mengenai pengaruh air dan suhu terhadap kerusakan dan penghancuran amilum.

PENDAHULUAN.

Amilum pada masa yang akan datang merupakan suatu "biopolimer" dari industri baru, yaitu industri plastik biologik. Hal ini dapat dilihat dengan peranan amilum di dalam industri makanan (makanan bayi, ice cream, industri roti, industri biskuit, industri kue, industri sele "jam"), dalam industri farmasi dan kedokteran (bagi penderita diabetes, mencegah kerusakan gigi, serum fisiologis, vitamin C) serta dalam industri lainnya (tekstil, perekat kertas dsb.).

Amilum selain dipergunakan sebagai bahan dasar berbagai jenis industri, juga dipergunakan karena sifatnya yang anti pengkristalan, penga-

tur viskositas, stabilitas suhu dan pH serta sebagai pelembab.

Teknologi industri amilum telah dikuasai di negara-negara maju, karena negara-negara tersebut telah memiliki pengetahuan yang mendalam mengenai sifat-sifat fisik dan kimia dari amilum. Penguasaan pengetahuan mengenai amilum diperoleh setelah lebih dari satu abad lamanya, penelitian-penelitian mengenai amilum telah dilakukan untuk mencari jalan keluar permasalahan-permasalahan yang ada. Tujuan utama dari berbagai penelitian adalah untuk lebih memahami sifat fisik dan kimia dari amilum serta permasalahan teknologinya.

Meskipun pengetahuan di bidang ini telah bertambah maju dalam 20 tahun terakhir yaitu dengan digunakannya metoda analisa fisik dan biokimia modern (difraktometri sinar X, mikroskop elektron, pengukuran spektrum, kromatografi, ensimologi), akan tetapi masih terdapat sejumlah ketidaktahuan atau kekurangan. Hal ini disebabkan karena adanya sifat-sifat khusus dari setiap jenis amilum (DUPRAT F dkk., 1980).

Pengetahuan mengenai sifat fisik dan kimia dari amilum akan lebih dikuasai bila dilakukan penelitian-penelitian mengenai evolusi amilum selama transformasi fisiologis tanaman (matulasi dan germinasi) secara "in vitro" dan penelitian mengenai perusakan amilum.

PRODUKSI, KOMPOSISI DAN STRUKTUR.

Sumber utama amilum adalah biji padi-padian (40% sampai 90% dari berat kering), biji kacang-kacangan (30 sampai 70% dari berat kering) dan tuberkula (65 sampai 85% dari berat kering) (Tabel 1).

Tabel 1.;
Jumlah Amilum, Bentuk dan Ukuran Butir Amilum
dari Berbagai Buah-buahan, Biji-bijian dan Tuberkula

Sumber	Amilum (% berat kering)	Bentuk	Ukuran (μ M)
Serealia :			
Oats	41,5 — 43,3		5 — 15
Oats telanjang	63,8 — 67,0		
Gandum	67,2 — 68,4	Lentikuler, polihedrik	2 — 38
Jagung	71,0 — 74,0	Polihedrik	5 — 25
Mil	68,0 — 69,6		
Orge	54,8 — 59,3	Lentikuler	2 — 5

Orge telanjang	64,9 – 68,2		20 – 30
Beras	74,6 – 88,0	Polihedrik	3 – 8
Rye	60,3	Lentikuler	12 – 40
Tuberkula :			
Yam	68,5 – 82,8	Polihedrik, sferik, ovoida	1 – 70
Ubi Kayu	85,0 – 86,6	Hemisferik, sferik	5 – 35?
Ubi jalar	69,2 – 72,0	Polihedrik	10 – 25
Kentang	65,0 – 85,0	Elipsoidal	15 – 100
Kacang-kacangan :			
Kacang tanah	0,9 – 6,7		
Kacang feve	30,0 – 43,0	Sferik, ovoida	6
Kacang kuda	30,0 – 43,0	Sferik, ovoida	17 – 31
Kacang merah	30,0 – 35,0	Reniformis	
Lentil	55,0 – 68,0		
Pea halus	43,0 – 48,0	Reniformis, simpel	5 – 10
Pea berkerut	32,0 – 37,0	Roseta, komposita	30 – 40
Buah-buah :			
Pisang	72,3 – 74,2		
Pisang liar	0,8 – 77,5		
Chestnuts	55,0 – 60,0		

Sumber : Mercier F. 1982.

Produksi amilum di dunia sampai tahun 1982 adalah 17 juta ton, dan diperoleh terutama dari jagung (10 juta ton), dan dari kentang (2,5 sampai 3 juta ton). Sisanya berasal dari gandum, beras, ketela pohon, sorgum dan sagu.

Produksi negara-negara MEE (Masyarakat Ekonomi Eropa) untuk tahun 1979 – 1980 adalah 3,5 juta ton, yang berarti 20% dari produksi dunia. Produksi amilum tersebut berasal dari jagung (73%), gandum (5%) dan kentang (22%).

Sebagian dari amilum yang dihasilkan dipergunakan terutama untuk bahan makanan dan untuk industri bukan makanan (tekstil, perekat, kertas dsb.).

Amilum dari sereal, kacang-kacangan dan tuberkula ditemukan dalam bentuk butir-butir amilum di dalam matrik protein dari sel. Butir amilum tersebut setelah diekstraksi berbentuk tepung putih, tidak larut dalam air dingin. Bentuk dan ukurannya tergantung kepada asal botaniknya. (Tabel 1).

Fraksi bukan glusidik dalam amilum berjumlah antara 0,5% sampai 2% dari komposisi total kimia (Tabel 2).

Tabel 2
Komposisi Bukan Glusida dan Jumlah Amilosa dari Berbagai Amilum
(% Amilum Kering)

Sumber	Protein Nx6,25	Lipida	Abu	P	Amilosa
Serealia :					
Oat	0,24	1,3	—	—	27
Gandum	0,33	1,12	0,3	0,05	26
Jagung Manis	0,10	0,23	0,1	0,003	1
Jagung	0,30	0,61—0,65	0,1	0,015	28
Jagung amilosa	0,50	1,11	0,2	0,03	52—80
Orge	0,11	1,0	—	0,03	22
Beras	—	1,04	—	—	14—32
Rye	—	0,54—0,62	—	—	—
Tuberkula :					
Ubi kayu	0,1	0,1	0,3	—	17
Kentang	0,05	0,09	0,3	0,04	23
Kacang-kacangan :					
Kacang kuda	0,16	0,06	0,07	0,02	24
Pea halus	0,19	0,18	0,05—0,22	0,04	35
Pea berkerut	0,23	—	0,11	0,03	66
Buah-buahan :					
Pisang	0,32	—	—	0,02	16
Mangga	0,25	—	—	0,02	24
Apel	0,10	—	—	0,03	19

Sumber : Duprat. F. dkk., 1980

Substansi yang tahan terhadap pemurnian amilum, terdiri dari lipida (terutama pada golongan serealia dan berbentuk isolesitin serta asam lemak), nukleotida, dan mineral (ester fosforik pada amilum kentang). Karena jumlahnya sangat kecil, substansi tersebut tidak terlalu diperhitungkan dalam sifat fisik-kimia dan teknologi amilum.

Butiran amilum mempunyai suatu struktur fisik yang dikelompokkan dalam daerah-daerah amorf dan kristalin, daerah tersebut terjadi karena penggabungan inter-molekuler dari dua komponen utama amilum : amilosa dan amilopektin (Gambar 1).

Amilosa merupakan suatu makro-molekul linier dari residu D—anhidroglikopiranosa yang saling bergabung pada ikatan α (1 \rightarrow 4). Sedangkan amilopektin merupakan suatu makro-molekul teramifikasi dan terbentuk dari residu D — anhidroglikopiranosa dengan ikatan α (1 \rightarrow 4) dalam rantai linier atau ramifikasi ikatan α (1 \rightarrow 6). Jumlah ikatan α (1 \rightarrow 6) berjumlah sekitar 5 sampai 6% dari seluruh ikatan amilopektin. Akibat pembentukan rantai-rantai tersebut, satu molekul amilosa dan amilopektin hanya memiliki satu grup reduktor.

Amilosa dalam bentuk alaminya merupakan suatu makro-molekul yang sangat besar, dan mempunyai derajat polimerisasi (DP) dari satuan glukosa yang berkisar antara 200 sampai 6000. Derajat polimerisasi tersebut, tergantung kepada asal botani amilum.

Amilopektin memiliki derajat polimerisasi antara 100.000 sampai 10^9 , dan secara umum dikatakan sebagai molekul biologik yang paling bercahaya.

Sebagian besar amilum mempunyai amilosa yang jumlahnya berkisar antara 15 sampai 25%. Sementara itu pada spesies yang sama, beberapa varietas (jagung amilosa atau jagung amilopektin) dapat mengandung amilosa sampai 80%. Sedangkan yang lain, hanya mengandung kurang dari 1% (jagung manis, orge, sorgum dan beras ketan) dan fraksi utamanya adalah amilopektin (Tabel 3 dan 4).

Tabel 3 :
Sifat Amilosa dari Berbagai Amilum*

Sumber	Afinitas terhadap jod (%)	Batas β amilolisa (%)	Viskositas	DP
	1	2	3	4
Serealia :				
Gandum	19,1	68	280	2100
	19,7	72	—	—
Jagung	19,0	—	127	940
Jagung amilum	19,2	77	180	1300
Jagung manis	18,8	78	150	1100
Orge	19,0	73	250	1850
	19,6	74	—	—

Oat	19,2	77	180	1300
	19,5	78	—	—
Rye	19,7	72	—	—
Tuberkula :				
Kentang	19,5	76	—	—
Ubi kayu	19,5	95	—	—
Kacang-kacangan :				
Kacang kuda	19,2	82	240	1800
Pea halus	19,2	81	180	1300
Pea berkerut	19,2	82	140	1000
Buah-buahan :				
Pisang	19,9	82	—	—
Mangga	19,2	77	—	—
Apel	19,0	84	—	—

* Sumber : Banks and Greenwood, 1975.

Catatan :

1. Dalam mg Jod/100 mg amilosa
2. Dalam maltosa
3. Dalam 1 m KOH pada 22,5°C
4. Penghitungan dari nilai viskositas.

Tabel 4 :
Sifat Amilopektin dari Berbagai Amilum*
(1975)

Sumber	Amilolisa %	Viskosita ml/g	DP 1
Serealia :			
Gandum	57	19	140
Jagung manis	58	20	145
Jagung	—	25—26	125—135
Jagung amilo	58	23	130
Orge	58	26	190
Oat	57	20	—

Tuberkula :			
Kentang	56	24	160
Kacang-kacangan :			
Kacang kuda	57	26	150
Pea halus	58	26	150
Pea berkerut	58	27	150
Buah-buahan :			
Pisang	59	21	120
Mangga	56	21	150
Apel	58	22	170

Catatan : Derajat polimerisasi rata-rata diperoleh setelah proses deramifikasi.

Sumber : *Banks and Greenwood, 1975.*

Organisasi suatu butir amilum tergantung dari cara molekul-molekul amilosa dan amilopektin digabungkan oleh ikatan hidrogen inter dan intra molekul. Makro-molekul makro-molekul tersebut, tersebar secara homogen dalam seluruh butir amilum.

Yang menentukan heterogenitas struktur, adalah derajat ikatan di antaranya. Bila ikatan tersebut sangat padat, besar jumlahnya dan regulier, rantai-rantai yang bergabung membentuk jaringan kristalin. Sebaliknya meskipun beberapa ikatan hidrogen sangat padat, ketidakregularitasnya mengakibatkan makromolekul-makromolekul menjadi lebih bebas, atau dengan kata lain disebut amorf. Kebebasan ini lebih diperbesar dengan adanya ikatan α (1 \rightarrow 6) dari amilopektin.

Antara tahun 1970 sampai 1980, dapat dibuktikan oleh suatu team dibawah pimpinan A. GUILBOT, bahwa di antara daerah-daerah kristalin total dan amorf total terdapat suatu daerah yang terdiri dari berbagai struktur yang kepadatannya berubah secara bertingkat. Suatu hidrolisa asam menunjukkan adanya tiga tingkatan, yaitu suatu daerah amorf "lunak" yang terhidrolisa dengan cepat, suatu daerah amorf "agak keras" yang terhidrolisa lebih lambat dan daerah kristalin tahan asam (Gambar 2).

Pada umumnya ketiga struktur tersebut berjumlah 40, 30 dan 30% dari masa butir amilum.

PERUBAHAN FISIK DAN KIMIAWI.

Perubahan yang dapat dialami oleh butir-butir amilum, disebabkan karena proses fisik atau proses kimia yang merubah atau merusak struktur

amilum.

Pada suhu tertentu dengan adanya sejumlah air dan pada tekanan yang lebih besar dari tekanan atmosfer, butir-butir amilum menjadi pecah dan membebaskan amilosa serta amilopektin. Karena struktur kimianya sangat hidrofili, amilum mempunyai sifat yang berkaitan dengan kandungan airnya. Pada suhu biasa, amilum dapat menarik sekitar 40 % air dari berat keringnya. Pada suhu yang lebih besar dari 55 – 60° C, dengan adanya sejumlah air, terjadi pemutusan ikatan hidrogen antar rantai. Bila suhu bertambah tinggi lagi, amilosa dan amilopektin akan terdispersi menjadi bentuk koloida.

Penyerapan air tersebut disebabkan karena adanya pengikatan molekul-molekul hidroksil dari amilum oleh ikatan hidrogen. Sejak awal proses adsorpsi, air merangsang terjadinya dilatasi jaringan makromolekuler. Setelah memutuskan ikatan-ikatan lemah hidroksil, molekul air membentuk jembatan ikatan rangkap hidrogen yang kuat di antara mereka.

Pengukuran dielektrik dalam frekuensi yang sangat tinggi, terlihat bahwa energi ikatan hidrogen molekul air pertama yang terikat adalah sebesar 10 K cal/mol. Sehingga dikatakan bahwa bertambah besarnya kandungan air, menyebabkan bertambah besarnya pembengkakan butir amilum (Gambar 3) dan energi pengikatan air menjadi berkurang (Tabel 5).

Tabel 5 :

Energi Ikatan Hidrogen (K cal/mol) dari Pengikatan Air oleh amilum gandum pada Suhu 20°C

Kelembaban relatif %	Kadar air %	Energi ikatan rata-rata	Nilai antara energi ikatan
0 – 25	0 – 10	7,4	11 – 4
25 – 60	10 – 15	6,8	10 – 4
60 – 85	15 – 25	5,6	8 – 4
85 – 100	25 – 40	4,7	6 – 4

Bila kandungan air lebih besar dari 20%, panas penyerapan menjadi tidak terlalu berperan dan pertambahan volume butir amilum tetap berbentuk linier sampai titik kejenuhan tercapai. Pada nilai ini, air yang diserap menjadi lebih "bebas". Dia dihubungkan oleh ikatan hidrogen yang energinya hampir sama dengan yang terdapat pada air "bebas". Dia dalam keadaan tertentu dapat menjadi solven.

Ketika suhu bertambah besar mendekati 60°C, butir amilum mulai

membengkak (bersifat irreversibel). Analisa fenomena tersebut dapat dilakukan dengan mengawasi depolarisasi butir amilum pada berbagai suhu.

Suhu awal depolarisasi dan akhir dari hilangnya silang hitam dari butir amilum, tergantung dari jenis amilum, kentang adalah 56 – 66°C, gandum 52 – 63°C, jagung 62 – 72°C, beras 66 – 77°C dan ubi kayu 65 – 71°C.

Di atas suhu dari akhir depolarisasi, butir amilum melanjutkan proses pembengkakannya. Pembengkakan ini bersifat tangensial dan berjalan dengan cepat serta liar, sehingga pada pusat butir amilum terbentuk suatu gelembung. Ketika daerah periferi menjadi bebas, gelembung tersebut menjadi pecah dan pembengkakan terus berlangsung secara tidak simetris dan heterogen (SANDSTEDT). Maka terjadilah proses dispersi, dimana yang pertama kali dilepaskan butir amilum adalah molekul-molekul amilum yang mempunyai berat molekul rendah.

Mendekati 100°C, pembengkakan berjalan secara tetap dan masa glukidik tersolubilisasi bertambah besar (Gambar 4).

Pada beberapa kasus seperti pada kentang, yam dan jagung, terdapat dua tingkat proses solubilisasi. Secara bersama-sama, fraksi residu dari butir amilum yang tidak terdispersi, membengkak dan menyerap sekitar 100 kali dari berat airnya (Gambar 5).

Suatu dispersi sempurna dari amilum granuler tidak tercapai, kecuali setelah mengalami "autoclave" pada suhu 120 – 130°C selama beberapa jam. Tetapi meskipun demikian, beberapa jenis amilum tetap tidak mengalami perubahan (pea berkerut yang mengandung banyak amilosa).

Jika amilum dipanaskan dan mengandung air yang jumlahnya terbatas (100%), perlakuan hidrotermik mengakibatkan proses dekrystalisasi, dimana butir amilum membengkak secara terbatas dan masa yang tersolubilisasi tetap rendah. Bila hidratisasi di bawah 70%, proses dekrystalisasi tidak dapat berlangsung.

PENUTUP.

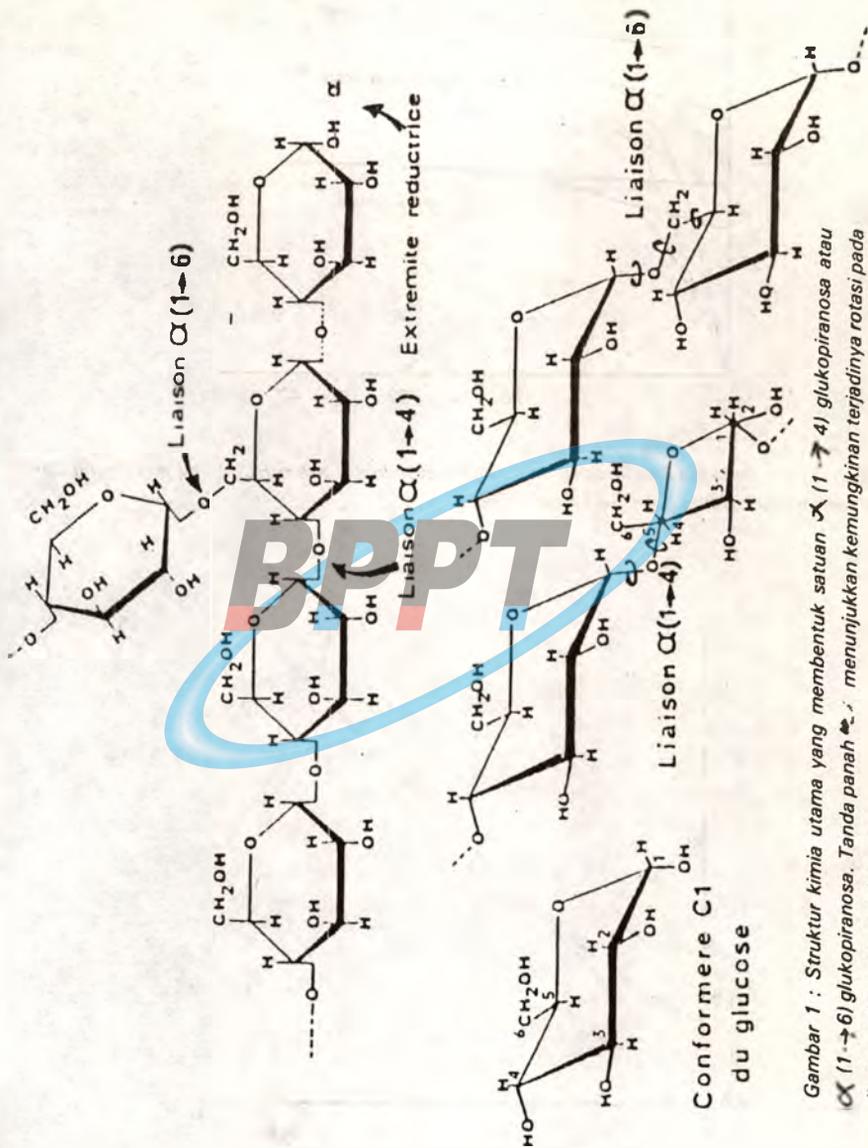
Dalam masa pembangunan dewasa ini, pengetahuan yang mendalam tentang sifat-sifat fisik dan kimia dari suatu substansi sangat diperlukan. Karena dengan dikuasainya pengetahuan tersebut, maka efisiensi energi dan hasil produksi yang diharapkan menjadi lebih besar. Selain itu dengan dikuasainya sifat-sifat tersebut, maka suatu pemilihan teknologi yang tepat dapat dengan mudah dilaksanakan.

Pada kesempatan berikutnya penulis akan mencoba menguraikan pengaruh bahan kimia, proses kimia, proses pirolisa, penyinaran sinar gamma dan pengaruh enzim yang spesifik terhadap amilum yang akan banyak membantu teknologi amilum. •

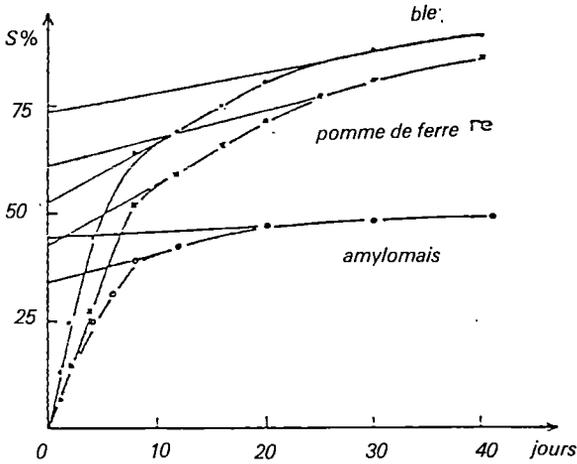
DAFTAR PUSTAKA :

1. BANKS W AND GREENWOOD C.T. (1975) — **Starch and its components**: ed. Edinburgh. University Press. Edinburgh.
2. DUPRAT F and GUILBOT A (1975) — **Solvent versus non sovent water in starch-alcohol water systems**, in **Water Relations of Food**, ed. R.B. Duckworth, 173 — 182, Accl. Press Inc., New York, London.
3. DUPRAT F, GALLANT D, GUILBOT A, MERCIER C et ROBIN J.P. (1980) — **L'amidon, dans Les Polymeres Vegetaux; Polymeres Parietaux et alimentaires non azotes** ed. B. Monties, Gauthier — Villars.
4. FRENCH D (1975) — **En MTP International Review of Science Biochemistry of Carbohydrates**, Serie 1,5. Chapter 6, 267 — 335, ed. Butterworths University Park Press.
5. GREENWOOD C.T. (1967) — **Advances in Carbohydrate Chemistry**, 22, 483 — 515.
6. GUILBOT A (1968) — **In Progres en Chimie Agricole et Alimentaire**. ed. Hermann Paris.
7. MERCIER C (1982) — **L'amidon et les enzymes en sucrochimie**, Ind. Alimen. Agric 1982,99,10.

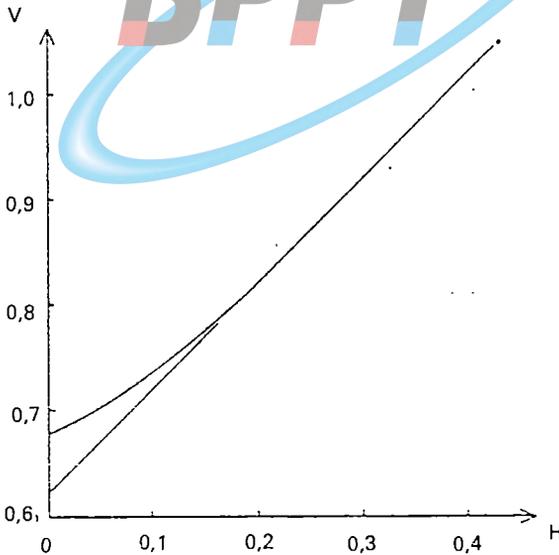




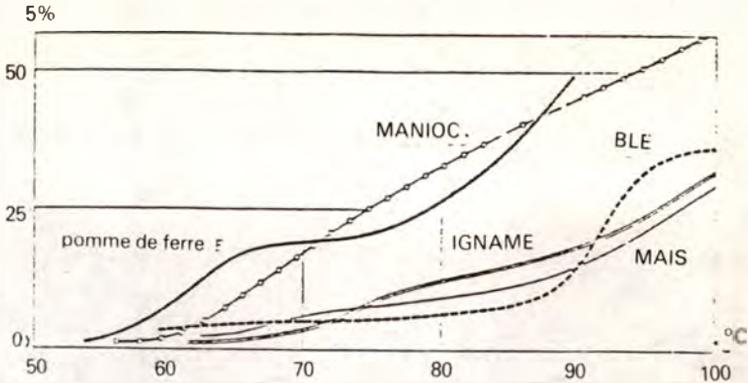
Gambar 1 : Struktur kimia utama yang membentuk satuan $\alpha(1 \rightarrow 4)$ glukopiranososa atau $\alpha(1 \rightarrow 6)$ glukopiranososa. Tanda panah \rightarrow menunjukkan kemungkinan terjadinya rotasi pada ikatan $\alpha(1 \rightarrow 4)$ dan $\alpha(1 \rightarrow 6)$.



Gambar 2 : Persentasi solubilisasi amilum akibat hidrolisa asam HCl 2,2 N pada suhu 35°C dalam waktu tertentu (DUPRAT F dkk, 1980).

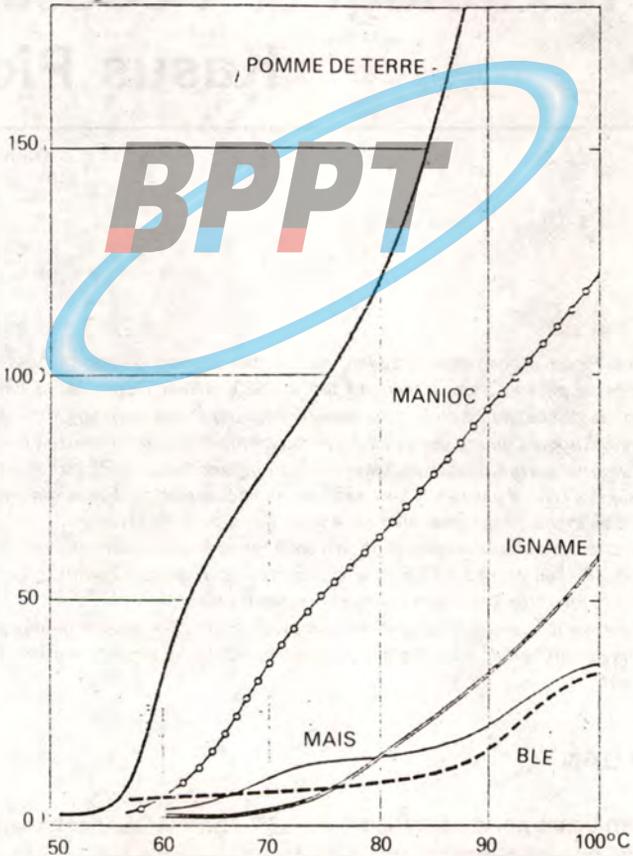


Gambar 3. Peningkatan volume (cm³) dari 1 gram amilum kentang, karena jumlah air yang diserap (gr). Volume 1 gram amilum kering = 0,675 cm³; volume 1 gram amilum jenuh air 0,43 gram = 1,045 cm³.



Gambar 4 Persentasi bahan yang tersolubilisasi (S %) akibat proses pembuatan tepung (starching) dan proses dispersi dari amilum pada volume air tertentu dan suhu tertentu.

Hp. 1g



Gambar 5 Kapasitas hidrasi (IH) dalam gram dari 1 gram fraksi tidak terlarut akibat proses penempungan pada suhu tertentu