

# KEUPAYAAN KANJI JAGUNG SEBAGAI BAHAN TAMBAH KAWALAN KEHILANGAN BENDALIR DALAM INDUSTRI HULUAN PETROLEUM

*Issham Ismail,\*  
Ahmad Kamal Idris,  
Jabatan Kejuruteraan Petroleum,  
Fakulti Kejuruteraan Kimia & Kejuruteraan Sumber Asli,  
Universiti Teknologi Malaysia,  
Karung Berkunci 791,  
80990 Johor Bahru.*

## Abstrak

Kawalan kehilangan bendalir merupakan suatu fenomena yang penting apabila sesebuah telaga minyak berada dalam fasa penggerudian dan pelengkapan. Selulos hidroksietil (HEC) sering diguna bagi menghasilkan suatu kawalan bendalir yang berkesan. Kehilangan bendalir yang berlebihan kepada formasi boleh menyebabkan masalah lekatan paip, kerosakan formasi dan pengurangan kadar pengeluaran minyak. Kajian yang dilakukan ke atas kanji jagung menunjukkan yang ia berupaya menghasilkan ciri-ciri yang setanding dengan HEC dalam mengawal masalah kehilangan bendalir lumpur penggerudian. Kertas kerja ini turut membincangkan sifat-sifat fizik dan kimia kanji jagung dan HEC.

## Pengenalan

Minyak mentah merupakan suatu sumber tenaga yang penting dalam kehidupan seharian kita, dan ia tersimpan beratus-ratus meter sehingga beribu-ribu meter di dalam kerak bumi (dari permukaan). Dengan ini, suatu telaga pengeluaran perlu digerudi menembusi reservoir minyak dan dilengkapkan sebelum minyak boleh dikeluarkan dari kerak bumi. Lumpur penggerudian dan bendalir pelengkapan, masing-masing diisi ke dalam lubang telaga yang sedang digerudi atau dilengkapkan. Setiap bendalir

tersebut mempunyai fungsi masing-masing, dan yang paling penting ialah untuk mengawal tekanan telaga. Dalam hal ini, lumpur penggerudian dan bendalir pelengkapan biasanya mempunyai turus tekanan yang lebih tinggi daripada tekanan formasi, iaitu sekitar 150 psi (1034 kPa) sehingga 450 psi (3103 kPa). Ini adalah untuk mengelakkan bendalir formasi daripada memasuki lubang telaga. Kemasukan bendalir formasi ke dalam lubang telaga (dikenal juga sebagai tendangan telaga) jika gagal dikawal dengan pantas boleh menyebabkan berlakunya sembur keluar, suatu kejadian yang amat ditakuti pekerja minyak. Secara umum, tekanan hidrostatik yang lebih tinggi daripada tekanan formasi boleh menyebabkan bendalir penggerudian atau bendalir pelengkapan masuk ke dalam formasi tersebut. Fenomena ini boleh menimbulkan banyak masalah seperti berlakunya pembengkakan lempung, masalah lekatan paip, dan pengurangan kebolehtelapan zon pengeluaran lalu menjejaskan pengeluaran minyak dan gas.

Syarikat minyak menggunakan bahan tambah kawalan kehilangan bendalir untuk mengatasi masalah tersebut. Berbagai-bagai bahan tambah kawalan kehilangan boleh didapati di pasaran yang dibuat syarikat berlainan, antaranya ialah selulos karboksiemetil (CMC) dan selulos hidroksietil (HEC). Semua bahan tambah tersebut diimpot dengan harga yang mahal. Sebagai contoh, HEC diimpot pada harga RM 23.00 sekilogram termasuk kos pengangkutan, cukai dan lain-lain, dengan kuantiti yang diguna untuk suatu kerja semula telaga boleh mencapai angka melebihi 500 kg. Hal ini boleh meningkatkan lagi kos pembangunan dan pemulihan telaga lebih-lebih lagi dengan kejatuhan nilai ringgit berbanding mata wang Amerika.

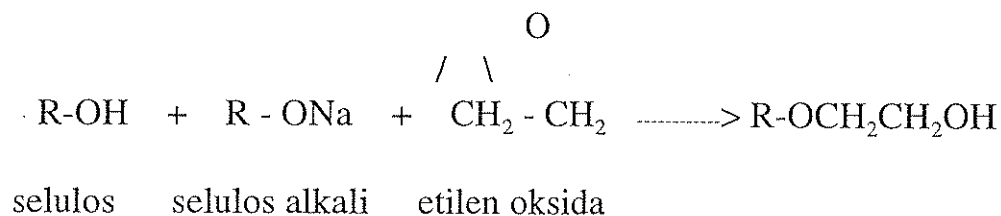
Sehubungan itu, satu kajian dilakukan untuk mengenal pasti bahan tempatan yang lebih ekonomi, yang boleh menggantikan HEC sebagai bahan kawalan kehilangan bendalir. Hal ini juga boleh mengeksploitasi bahan tempatan sepenuhnya serta dapat menjimat aliran ringgit ke luar negara.

Bahan tempatan yang menjadi tumpuan dalam kajian ini ialah kanji jagung. Untuk mengkaji prestasi kanji jagung berbanding HEC, beberapa ujikaji perlu dilakukan terhadap sifat reologi sampel, kehilangan bendalir dan proses penuaan.

## Sifat-Sifat Kimia dan Fizik HEC dan Kanji Jagung

HEC yang kelihatan seperti *kanji* merupakan polimer organik tidak berion yang telah diubah suai secara kimia (IDF, 1988). Ia berupaya meningkatkan kelikatan lumpur pada darjah yang tinggi tetapi menghasilkan kekuatan gel yang rendah berbanding polimer lain.

HEC yang mempunyai ciri-ciri reologi pseudoplastik boleh berfungsi dengan baik dalam cecair yang mempunyai suhu antara 225-250°F (107-121°C). Ia dibentuk hasil tindak balas antara selulos alkali dan etilena oksida seperti berikut:



Rajah 1 menunjukkan struktur molekul HEC (BW Promud, 1989).

Kanji jagung merupakan campuran amilos (28%) dan amilopektin (72%), yang masing-masing ditunjukkan dalam Rajah 2 dan Rajah 3. Pemerhatian di bawah mikroskop menunjukkan yang kanji jagung terdiri daripada granul putih bersaiz kecil dengan julat saiznya ialah 3-26 mm. Granulnya mempunyai bentuk bulat dan poligonal (Beynum dan Roels, 1985). Secara umum, satu kilogram kanji jagung mengandungi  $1 \times 10^{12}$  granul.

Apabila larutan yang mengandungi kanji jagung dipanaskan di atas suhu penggelatinan, granulnya akan mengalami suatu proses pembengkakan yang progresif. Secara umum, kanji ini mempamerkan sifat pembengkakan yang perlahan, dengan pembengkakan berlaku pada dua tahap yang menunjukkan ia mempunyai dua set daya ikatan antara granul. Granul dengan ikatan lemah membengkak di bawah 75°C dan yang mempunyai ikatan lebih kukuh membengkak di atas 85°C.

Secara umum, hanya lebih-kurang 5% jagung keluaran dunia diproses menjadi kanji jagung, dengan 70% daripada jumlah kanji tersebut diguna untuk membuat sirap jagung dan lain-lain. Kanji jagung diguna juga untuk membuat kertas dan kotak beralur.

## Bahan dan Kaedah

### Penyediaan Lumpur.

Kajian menggunakan lumpur dasar air dengan lumpur dibuat mengikut rumusan yang biasa diguna di medan minyak (Gray dan Darley, 1981). Jadual berikut menunjukkan komposisi bahan tambah utama yang dimasukkan ke dalam 350 ml air tawar untuk membentuk *satu lab barrel* lumpur dasar air asas yang berketumpatan 9.0 ppg ( $10.8 \times 10^2 \text{ kg/m}^3$ ):

Bahan Tambah	Komposisi (gm)
Bentonit	30
Kaustik soda	1.0
Barit	30.0

Bahan tambah kawalan kehilangan bendalir yang terdiri daripada HEC dan jagung kemudiannya dimasukkan secara berasingan ke dalam lumpur dasar air asas dengan kuantitinya bergantung pada kelikatan yang diperlukan. Kelikatan yang diguna dalam kajian ini adalah antara 10 cp ( $10 \times 10^{-3} \text{ Pa.s}$ ) dan 25 cp ( $25 \times 10^{-3} \text{ Pa.s}$ ).

Barit pula diguna untuk meningkatkan ketumpatan lumpur, dengan kuantiti yang diguna bergantung pada berat lumpur yang ditentukan. Lumpur dasar air asas yang disediakan dalam kajian ini mempunyai ketumpatan antara 9.0 ppg ( $10.8 \times 10^2 \text{ kg/m}^3$ ) dan 14.0 ppg ( $16.8 \times 10^2 \text{ kg/m}^3$ ). Semua ujikaji dilakukan pada suhu 160°F (71°C) hingga 200°F (93°C).

### Peralatan dan Prosedur.

Dalam ujikaji ini, setiap bahan tambah perlu dimasukkan perlahan-lahan ke dalam 350 ml air tawar yang ditempatkan di dalam bekas *pembancuh*, dan dikacau berterusan selama 10 minit untuk mengelak pembentukan ketulan kanji atau HEC yang dikenal sebagai *mata ikan* dalam fasa selanjut tersebut (Hudson dan Coffey, 1983).

Sampel yang mengandungi kanji jagung perlu dipanaskan dengan menggunakan plat pemanas sehingga suhu larutan mencapai 160°F (71°C) untuk membentuk adunan kanji. Ini disebabkan kanji jagung tidak larut dalam larutan pada suhu ambien kerana wujudnya ikatan hidrogen yang

banyak pada granul kanji. Bagaimanapun, HEC dapat membentuk kelikatan pada suhu ambien.

Kajian juga melibatkan pengukuran beberapa sifat reologi sampel seperti kelikatan, takat alah dan kekuatan gel. Hal ini dilakukan dengan menggunakan *Rheometer Baroid*.

Alat *Penuras tekanan bersuhu dan bertekanan tinggi* diguna untuk menganalisis kehilangan bendalir yang dialami setiap sampel. Alat ini juga diguna untuk mengukur kehilangan bendalir sampel yang telah menjalani proses penuaan. Dalam hal ini, sampel dikenakan tekanan pembezaan 500 psi (3447 kPa) untuk setiap suhu kajian, dengan ujikaji dilakukan selama 30 minit. Turasan yang dihasilkan diukur dengan menggunakan *silinder pengukur*, manakala ketebalan kek yang diperoleh pada akhir ujikaji dinilai dengan menggunakan *angkup vernier elektronik*.

Ujikaji penuaan juga dilakukan untuk menilai kestabilan sampel kanji jagung pada suhu tinggi. Dalam hal ini, kelikatan setiap sampel yang diguna ialah 20 cp sebelum bermulanya ujikaji tersebut. Setiap sampel dipanaskan sehingga suhu mencapai 300°F selama 16 jam di dalam *ketuhar*. Selepas itu, sifat reologi dan kehilangan bendalir setiap sampel diuji semula. Semua ujikaji dilakukan dengan mengikut piawaian API RP 13B.

### **Keputusan dan Perbincangan**

Keputusan yang diperoleh daripada kajian adalah seperti berikut:

**Kesan Suhu terhadap Kelikatan.**

Rajah 4 menunjukkan pada suhu 200°F, kanji jagung dapat membentuk kelikatan yang setanding dengan kelikatan yang dihasilkan HEC. Ketika ini juga ikatan hidrogen yang wujud pada granul kanji jagung terlerai sepenuhnya. Walaupun kanji jagung berupaya membentuk kelikatan yang setanding dengan HEC, tetapi ia memerlukan kuantiti yang lebih banyak. Sebagai contoh, untuk menghasilkan kelikatan 20 cp pada suhu 200°F, sebanyak 12.7 gram kanji jagung diperlukan berbanding 8.6 gram HEC.

#### Kesan Suhu terhadap Takat Alah

Rajah 5 menunjukkan pengaruh suhu terhadap takat alah adunan kanji jagung dan HEC, dengan kedua-dua sampel tersebut mempamerkan yang takat alah masing-masing berada pada julat optimum. Lumpur penggerudian dengan julat takat alah optimum boleh membawa rincisan gerudi dari dasar lubang ke permukaan dengan baik.

#### Kesan Suhu terhadap Kekuatan Gel.

Kekuatan gel pada 10 saat dan 10 minit ditunjukkan dalam Rajah 6 (HEC) dan Rajah 7 (kanji jagung). Keputusan ujikaji menunjukkan kanji jagung berupaya memberi kekuatan gel yang hampir menyamai nilai yang dihasilkan HEC. Lumpur penggerudian yang mempunyai kekuatan gel optimum dapat mengampai rincisan gerudi dan partikel lumpur dengan baik ketika edaran lumpur dihentikan. Bagaimanapun, jika kekuatan gel lumpur terlalu tinggi, beberapa masalah boleh timbul seperti daya kilas yang bertindak terhadap batang gerudi meningkat dan lain-lain.

#### Kesan Suhu terhadap Kehilangan Bendalir.

Prestasi lumpur gerudi tanpa dan bersama bahan tambah kawalan kehilangan bendalir dipamerkan dalam Rajah 8. Keputusan ujikaji menunjukkan jika HEC atau kanji jagung ditambah ke dalam lumpur asas, kehilangan bendalir dapat dikurangkan sebanyak 90%.

Rajah 9 menunjukkan prestasi HEC dan kanji jagung dalam mengawal kehilangan bendalir dengan lebih dekat. Hasil yang diperolehi menunjukkan kehilangan bendalir yang dialami lumpur HEC dan lumpur jagung berada di bawah garisan kehilangan bendalir maksimum yang dibenarkan. Ini menunjukkan kanji jagung boleh mengawal kehilangan bendalir dengan baik. Selain daripada itu, lumpur jagung juga menghasilkan ketebalan kek yang lebih nipis berbanding lumpur HEC, seperti ditunjukkan dalam Rajah 10. Hal ini boleh menjauhkan formasi daripada mengalami kerosakan, menghindari masalah lekatan paip dan lain-lain.

Proses Penuaan.

Rajah 11 menunjukkan prestasi kehilangan bendalir lumpur HEC dan lumpur jagung yang telah menjalani proses penuaan. Keputusan ujikaji menunjukkan lumpur HEC berupaya mengekalkan kestabilan kelikatannya sehingga suhu mencapai 275°F, manakala lumpur jagung mula mengalami penurunan pada suhu 200°F. Secara umum, apabila adunan jagung terus dipanaskan, ia akan mencapai puncak kelikatan sebelum menurun dengan ketara. Ini disebabkan daya jeleket pada granul yang membengkak menjadi lemah dan seterusnya struktur adunan musnah.

### **Kesimpulan**

1. Kanji jagung menunjukkan potensi yang baik sebagai bahan kawalan kehilangan bendalir dalam lumpur penggerudian.
2. Secara umum, sifat reologi yang dihasilkan kanji jagung adalah setanding dengan nilai yang dihasilkan HEC.
3. Penambahan HEC atau kanji jagung ke dalam lumpur asas boleh mengurangkan isi padu kehilangan bendalir sehingga 90%.
4. Kehilangan bendalir yang dialami lumpur HEC dan lumpur jagung berada di bawah paras kehilangan bendalir maksimum yang dibenarkan.
5. HEC lebih stabil daripada kanji jagung apabila suhu larutan melebihi 200°F.

### **Penghargaan**

Penulis amat berterima kasih kepada Pentadbiran FKKSAA kerana membenarkan penulis membentangkan kertas kerja ini di *Seminar Science and Technology Developments in The East Coast States with Special Reference to Chemistry* (anjuran Universiti Kolej Terengganu, Petronas, Jabatan Kimia Malaysia dan Institut Kimia Malaysia), pada 8-9 November 1997, bertempat di Hotel Grand Continental, Kuala Terengganu, dan UTM kerana membiayai segala perbelanjaannya ketika pembentangan tersebut.

## Rujukan

BW Promud, 1989. *Completion and Workover Fluids Manual*.

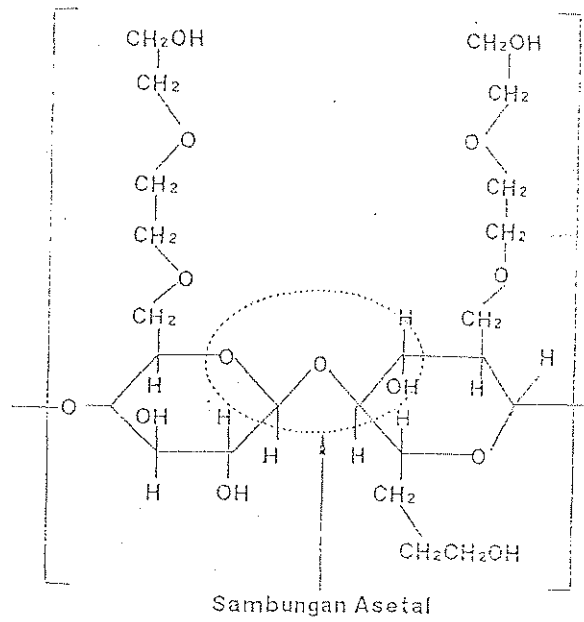
Gray, G.R. dan Darley, H.C.H., 1981. *Composition and Properties of Oil Well Drilling Fluids*. Edisi ke-4. Gulf Publishing, London.

Hudson, T.E. dan Coffey, M.D., 1983. *Fluid Loss Control Through The Use of A Liquid Thickened Completion and Workover Brine*. Journal of Petroleum Technology. Oktober, 1983. ms. 1776-1782.

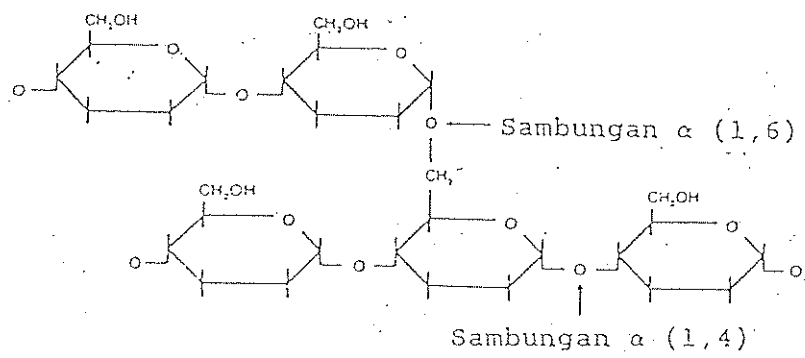
International Drilling Fluid (IDF), 1988. *Technical Manual*. Hillington Press, Uxbridge.

Van Beynum, G.M.A. dan Roels, J.A., 1985. *Starch Conversion Technology*. Marcel Dekker, Inc. New York.

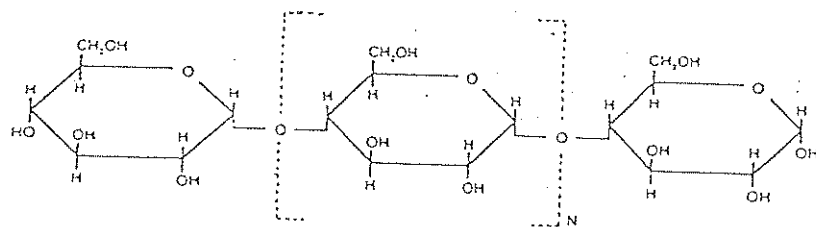




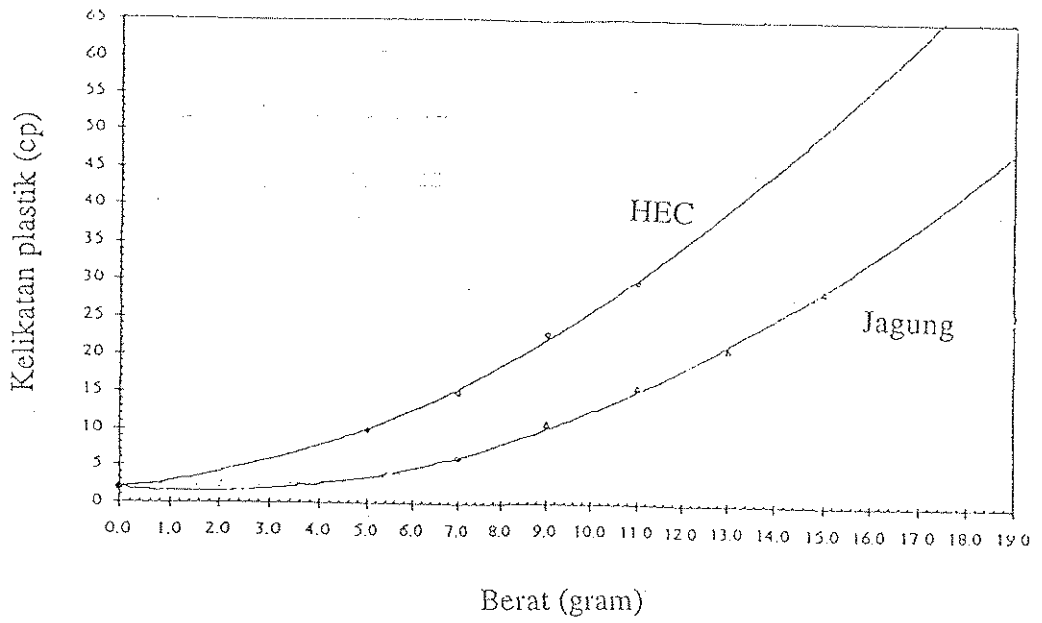
**Rajah 1: Struktur molekul HEC**



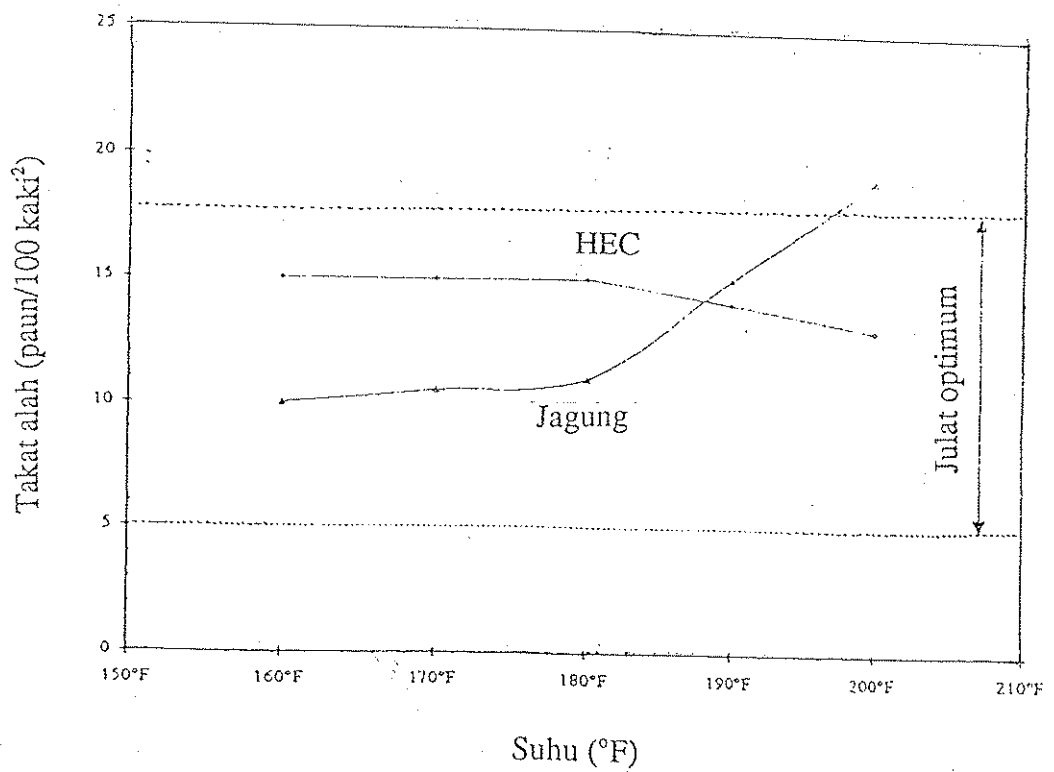
**Rajah 2: Struktur molekul amilos**



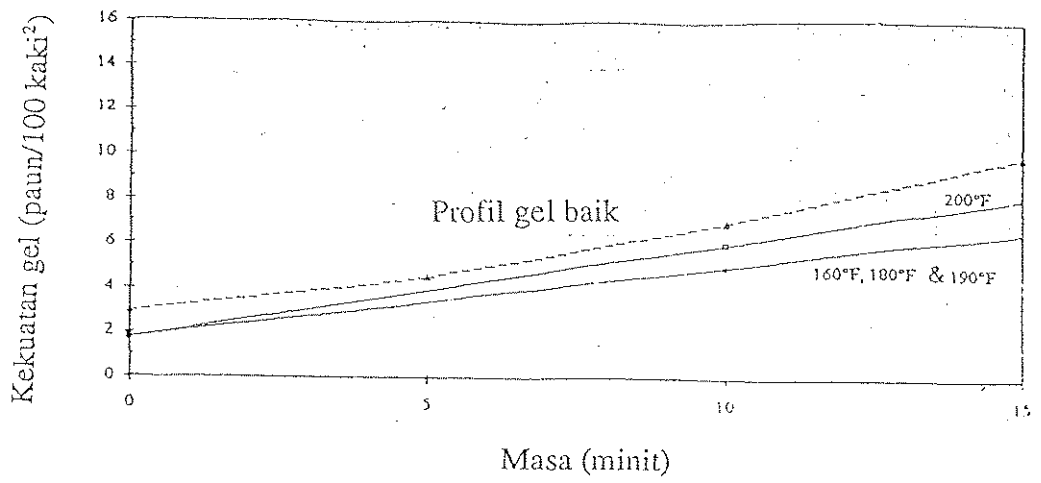
**Rajah 3: Struktur molekul amilopektin**



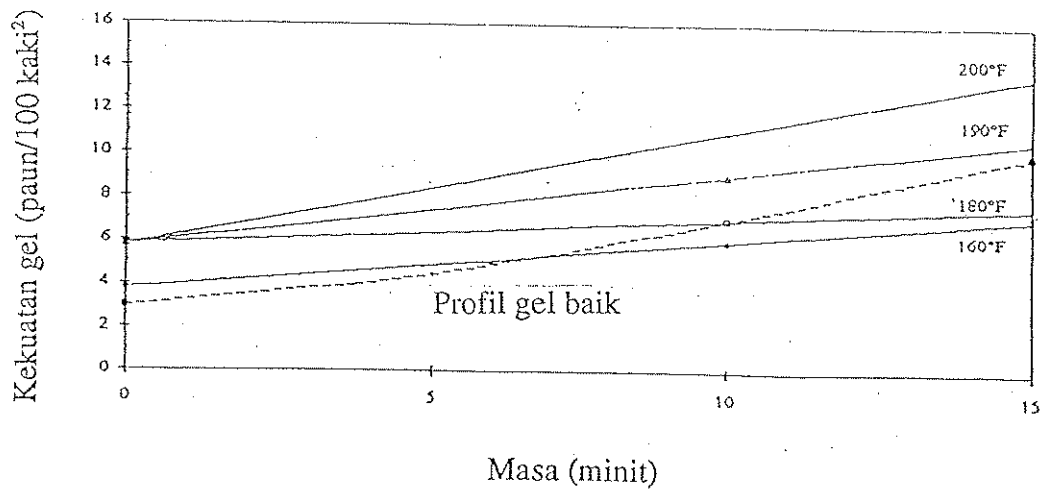
Rajah 4: Kelikatan plastik terhadap berat bahan tambah pada 200°F



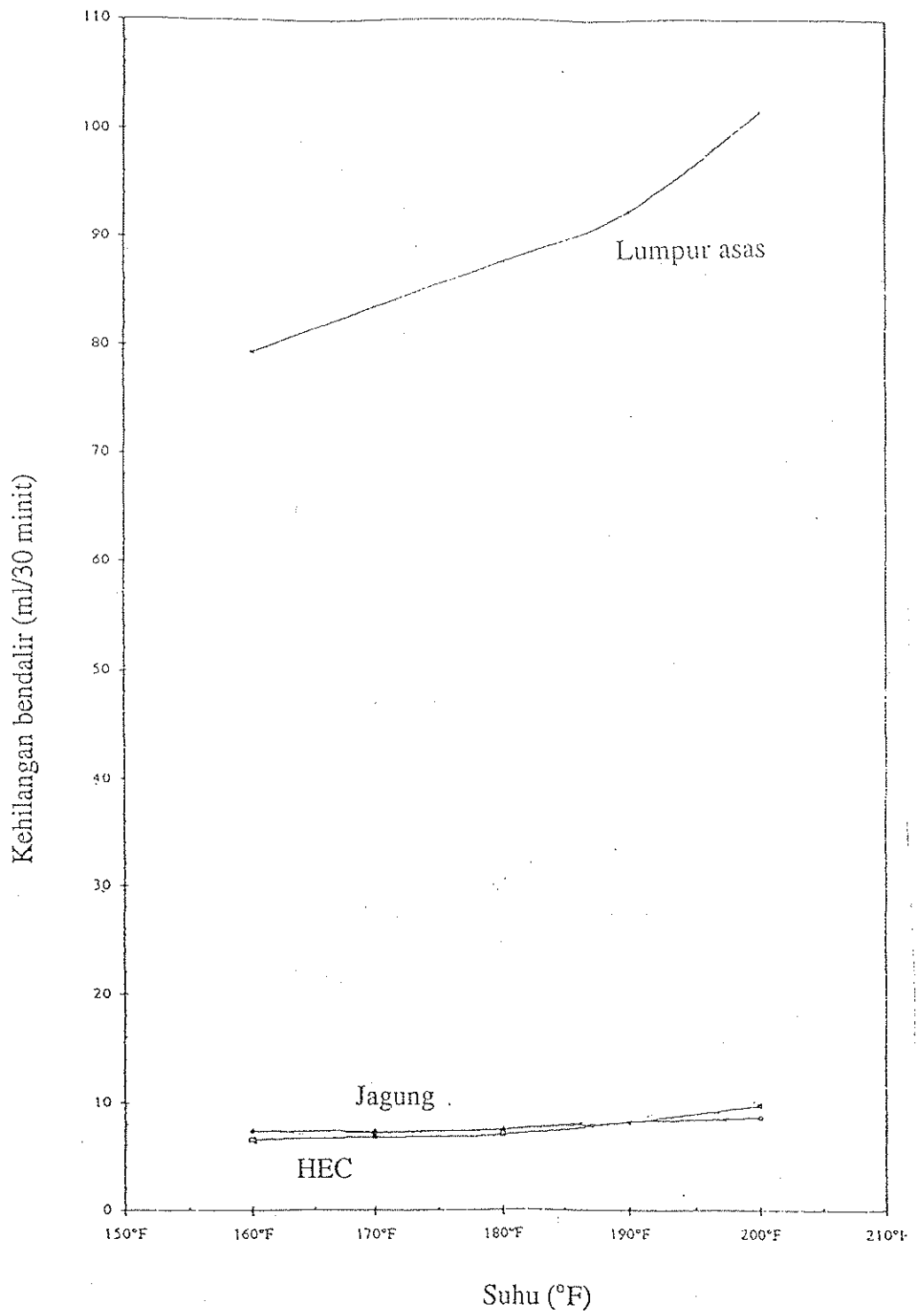
Rajah 5: Takat alah terhadap suhu untuk HEC dan kanji jagung pada 20 cp



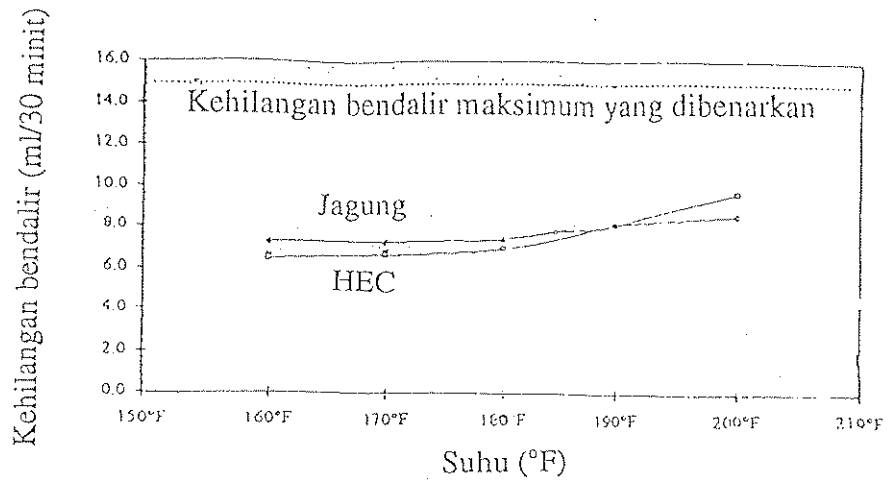
Rajah 6: Kekuatan gel terhadap masa untuk HEC



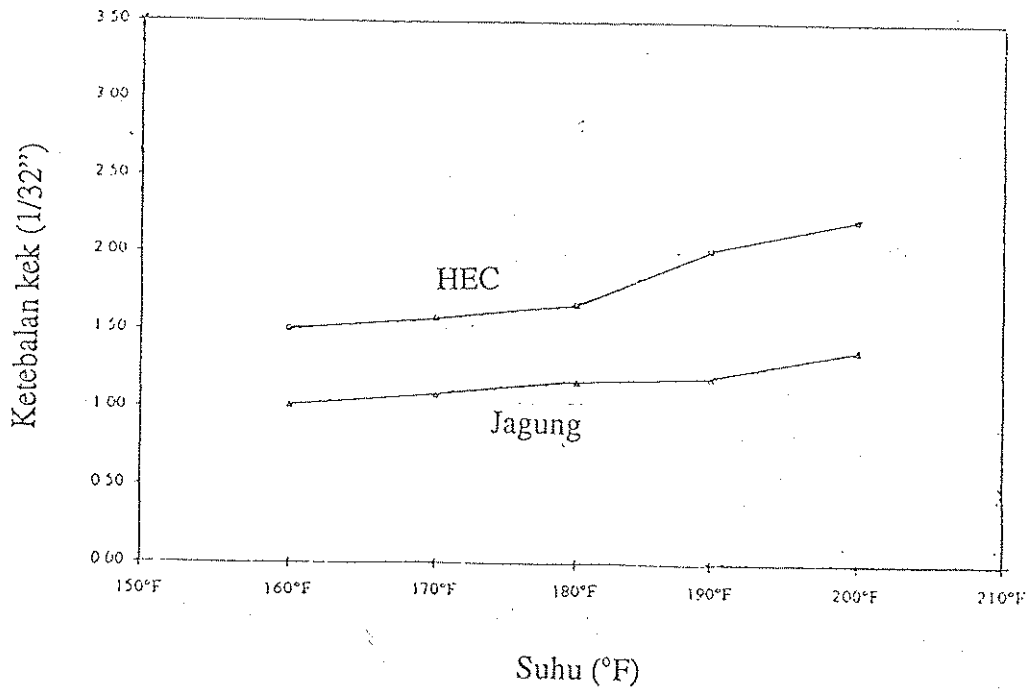
Rajah 7: Kekuatan gel terhadap masa untuk kanji jagung



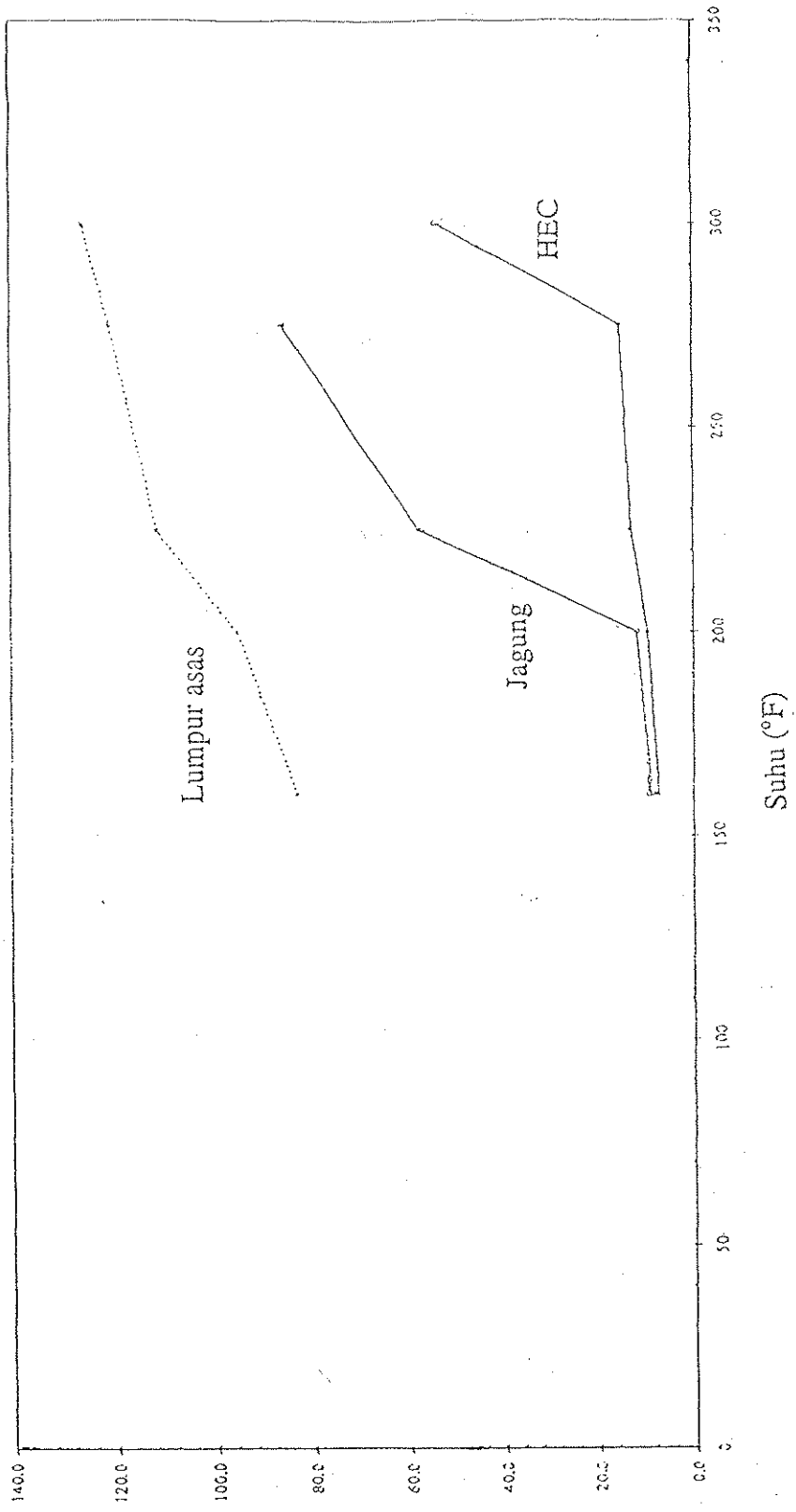
Rajah 8: Kehilangan bendalir untuk lumpur asas tanpa dan dengan bahan tambah kawalan kehilangan bendalir



Rajah 9: Kehilangan bendalir terhadap suhu untuk lumpur 20 cp



Rajah 10: Ketebalan kek lumpur terhadap suhu untuk lumpur 20 cp



Rajah 11: Kehilangan bendalir selepas proses penuaan