



UPN "VETERAN" YOGYAKARTA



RISTEKDIKTI

PROSIDING

Seminar Nasional Ke-4

Call for Paper & Pameran

Hasil Penelitian dan Pengabdian

Kemenristekdikti RI

SAINS & TEKNOLOGI

"APLIKASI RISET

DALAM DUNIA INDUSTRI

UNTUK KEMAJUAN BANGSA"

Yogyakarta, 9 Oktober 2018

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" YOGYAKARTA
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT

**DAFTAR ISI
SAINS & TEKNOLOGI**

	halaman
Halaman Judul	i
Daftar Reviewer	iii
Prakata Rektor	iv
Prakata Kepala LPPM	v
The Effect of Guafa Shoots Extract on The Attractiveness of <i>Diaphorina citri</i>	1
Mofit Eko Poerwanto, Chimayatus Solichah	
Pengaruh Konsentrasi dan Frekuensi Pemberian Kitosan Terhadap Pertumbuhan Vegetatif Tanaman Kemiri Sunan	7
Ellen Rosyelina Sasmita, Ami Suryawati, Endah Budi Irawati	
Kajian Hasil Pemantauan Pergerakan Tanah Secara Horizontal dan Vertikal Selama Satu Tahun Dari Tahun 2017-2018 di Clapar Banjarnegara	17
Eko Teguh Paripurno, Joko Hartadi, Oktavia Dewi, Sugeng Raharjo	
Karakterisasi Hasil Pencairan Batubara Sub-Bituminus Pada Suhu Rendah Dengan Pelarut Glicerol/Phenol	27
Adi Ilcham, Basuki Rahmad, EdyNursanto, Gogot Haryono	
Bioaditive Untuk Menaikan Angka Oktan Bensin (Review)	31
Mahreni	
Penerapan Biochar Tempurung Kelapa Dan Hahan Limbah Organik Untuk Memperbaiki Tanah Inceptisol Potorono Yogyakarta	37
Susila Herlambang, AZ.Purwono Budi S, Heru Tri Sutiono, Yoga Meyzah Putra, Susanti Rina N	
Budi Daya Tanaman Sorgum Di Lahan Pasca Tambang Emas Jatiroto Wonogiri Jawa Tengah	43
Darban Haryanto, M.Nurcholis, Dwi Fitri Yudianto	
Penambahan Glisim pada Media Modifikasi MS Terhadap Pertumbuhan Planlet Krisan (<i>Chrysanthemum indicum</i> L.) Secara <i>In Vitro</i>	53
Ari Wijayani, Bambang Supriyanta dan Rina Srilestari	
Mineralisasi Emas Daerah Cidolog dan sekitarnya Kabupaten Sukabumi, Jawa Barat	59
Heru Sigit Purwanto, Suharsono, Adera Puntadewa	
Geopark Bojonegoro Menuju Geopark Internasional	66
Jatmika Setiawan, Dedy Kristanto	
Identifikasi Sebaran Sistem Akuifer Daerah Non-Cekungan Air Tanah Berdasarkan Metode Dipole-Dipole di Ngoro-Oro, Patuk, Gunungkidul	74
C. Prasetyadi, Achmad Rodhi, Puji Pratiknyo, Bambang Pratistho, Yody Rizkianto, M. Gazali Rachman	

Pengaruh Dosis Pupuk Kotoran Sapi Sebagai Pupuk Organic Terhadap Persentase Pengendalian Gulma Padi Dengan Herbisida Berbahan Aktif Penoxsulam	80
Abdul Rizal, Dyah Arbiwati dan Lelanti Peni Wiratri	
Studi Laboratorium dan Simulasi Reservoir Untuk Meningkatkan Perolehan Minyak Menggunakan Injeksi Polimer	86
Suranto, Boni Swadesi, Ratna Widyaningsih, Retno Ringgani	
Evaluasi Potensi Sumur Tua di Lapangan Banyubang serta Penerapan Teknologi untuk Sumur Tua yang Efisien dan Efektif	99
M. Irhas Effendy, Sudarmoyo, Sayoga Heru Prayitno	
Disain Deteksi dan Peringatan Dini Kawasan Rawan Bencana Tanah Longsor Menggunakan <i>Internet of Thing</i> (IoT)	109
Awang Hendriato Pratomo, Suharsono, Bambang Pratistho, Dessyanto Boedi Prasetyo, Yudha Agung Pratama, Basuki Purnawan	
<i>Trichoderma</i> sp. Sebagai Pemacu Pertumbuhan Tanaman Bawang Merah Di Lahan Pasir Pantai	121
Tuti Setyaningrum, Didik Indradewa, Achmadi Priyatmojo, Endang Sulistyaningsih	
Efektifitas Fitoremediasi Tanaman Air Dalam Menurunkan Kadar <i>Total Suspended Solid</i> (TSS) Air Lindi	130
Eni Muryani, Ika Wahyuning Widiarti	
Sistem Pakar Tes Kepribadian Untuk Mengetahui Cara Belajar Mahasiswa Menggunakan Metode <i>Fuzzy Logic</i>	140
Wilis Kaswidjanti, Azty Acbarifha Nour	
Perkiraan Temperatur Reservoir Panasbumi Menggunakan Persamaan Geotermometer di Baturaden Kabupaten Banyumas Provinsi Jawa Tengah	152
Intan Paramita Haty, Bambang Triwibowo, Yody Rizkianto	
Analisis Metode Geomagnetik dengan Menggunakan Filter <i>Total Horizontal Derivative</i> dan <i>Tilt Derivative</i> Untuk Memetakan Sumber Panas Sebagai Parameter Awal dalam Penentuan Potensi Panas Bumi Daerah Parangwedang, Bantul	161
Hafiz Hamdalah, Eko Wibowo	
Prediksi Terjadinya Scale Silika dengan menggunakan Software Geo SIS	170
Dewi Asmorowati; Bambang Bintarto; Allen Haryanto Lukmana	
Analisis Bawah Permukaan dengan Metode Dipole-Dipole di Desa Girijati Purwosari Kabupaten Gunungkidul	177
Ajimaa Paccaning Setiahadwihowo, Firdaus Maskuri, Ardian Novianto, Wahyu Hidayat	
Penyetelan Parameter Pengendali Komposisi Menggunakan Metode On-Off Pada Tangki Pencampur Dengan Larutan Garam Sebagai Variabel Termanipulasi	183
Y. Deddy Hermawan, Mitha Puspitasari, Cahyo F. Prihantono, Syahadan M. Akbar	

STUDI LABORATORIUM DAN SIMULASI RESERVOIR UNTUK MENINGKATKAN PEROLEHAN MINYAK MENGUNAKAN INJEKSI POLIMER

Suranto^{a)}, Boni Swadesi^{a)}, Ratna Widyaningsih^{a)}, Retno Ringgani^{b)}

^{a)} Jurusan Teknik Perminyakan, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta

^{b)} Jurusan Teknik Kimia, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta

ABSTRAK

Polimer merupakan bahan kimia yang ditambahkan ke dalam injeksi air berfungsi untuk memperbaiki perbandingan mobilitas air-minyak sehingga menghasilkan efisiensi penyapuan yang bagus. Namun, dalam injeksi polimer terdapat beberapa masalah terkait dengan kestabilan terhadap kondisi reservoir, yaitu temperatur dan salinitas reservoir. Karena kedua parameter tersebut dapat membuat polimer terdegradasi yang ditandai dengan penurunan viskositas polimer. Dalam studi ini dilakukan simulasi injeksi polimer menggunakan simulator black oil IMEX untuk mengetahui seberapa besar recovery factor yang dihasilkan dari polimer yang dibuat dari hasil uji laboratorium.

Tahapan yang dilakukan dalam studi ini adalah : membuat polimer dari monomer akrilamida kemudian dimodifikasi dengan ditambahkan TEOS (silika), uji reologi larutan polimer (PAM, PAM Si, HPAM dan HPAM Si) menggunakan viscometer brookfield, memilih polimer yang sesuai untuk di simulasikan berdasarkan hasil uji reologi, input data ke dalam simulasi reservoir, prediksi dengan empat skenario. Skenario basecase : 1 sumur produksi. Skenario 1 (injeksi air) : 1 sumur injeksi dan 1 sumur produksi dengan pola ¼ five spot. Skenario 2 (injeksi polimer HPAM) : pola yang digunakan seperti skenario 1, polimer yang digunakan HPAM. Skenario 3 (injeksi polimer HPAM Si) : seperti skenario 2 namun membedakan jenis polimer yang diinjeksikan.

Hasil yang didapatkan adalah berdasarkan hasil uji reologi di laboratorium, pengaruh penambahan TEOS (silika) terhadap polimer adalah dapat meningkatkan berat molekul polimer sehingga viskositas polimer meningkat dan polimer yang tahan (stabil) terhadap kenaikan temperatur dan salinitas adalah polimer HPAM. Sedangkan berdasarkan hasil simulasi yang dijalankan, skenario 3 Bz yang merupakan skenario injeksi polimer menggunakan polimer HPAM Si konsentrasi 10,000 ppm dengan laju injeksi 5,000 bbl/day adalah skenario yang cocok digunakan pada model reservoir ini karena memberikan kenaikan RF yang paling tinggi dibandingkan dengan skenario yang lainnya, yaitu RF meningkat sebesar 43.2658% di akhir masa produksi.

Kata kunci : monomer akrilamida, polimer, viskositas, OOIP, recovery factor, injeksi air, injeksi polimer.

I. PENDAHULUAN

a. Latar Belakang

Tenaga alamiah dari reservoir (*natural flow*) untuk mendorong minyak ke permukaan semakin lama akan berkurang. Selanjutnya, dilakukan pengangkatan minyak ke permukaan

dengan menggunakan pompa (*artificial lift*). Setelah melaksanakan perolehan minyak tahap pertama tersebut, ternyata masih terdapat minyak sisa yang belum dapat diproduksi. Untuk itu dilakukan perolehan minyak tahap kedua, yaitu injeksi air. Namun dalam prakteknya, injeksi air belum bisa mendesak saturasi minyak sisa sepenuhnya. Hal tersebut diakibatkan rasio mobilitas air-minyak yang kurang baik. Untuk itu diperlukan bahan kimia yang ditambahkan ke dalam air injeksi. Bahan kimia tersebut adalah polimer. Jenis-jenis polimer yang sering digunakan adalah *polyacrylamide* dan *polysaccharide* (Van Pollen, H.K., 1980).

Injeksi polimer adalah injeksi dengan menambahkan bahan pengental (*thickening agent*) ke dalam air injeksi. Hal tersebut untuk meningkatkan viskositas air dan mengurangi volume total air. Selain itu, untuk meningkatkan efisiensi penyapuan karena memperbaiki perbandingan mobilitas air-minyak (Needham et al., 1987).

Namun, dalam melakukan injeksi polimer terdapat beberapa masalah yang harus dihadapi. Salah satunya adalah terkait stabilitas polimer pada kondisi reservoir yaitu temperatur dan salinitas. Temperatur dan salinitas dapat membuat polimer terdegradasi yang dapat dilihat dari penurunan viskositas akibat kenaikan temperatur dan salinitas.

Uji Laboratorium ini untuk meneliti pengaruh dari temperatur reservoir dan salinitas terhadap kestabilan viskositas polimer, sehingga akan mendapatkan jenis polimer yang paling stabil untuk digunakan. Kemudian, polimer yang didapatkan dari uji laboratorium di simulasikan untuk mengetahui efek dari penggunaan injeksi polimer tersebut terhadap *recovery factor*.

b. Maksud dan Tujuan

Maksud dalam studi ini adalah untuk melihat peningkatan perolehan minyak dan keberhasilan injeksi polimer pada simulasi reservoir menggunakan polimer hasil uji laboratorium. Sedangkan tujuannya adalah untuk mengetahui penambahan TEOS (silika) terhadap viskositas polimer, mendapatkan jenis polimer yang stabil (tahan) terhadap temperatur dan salinitas, mengetahui penambahan *recovery factor* setelah injeksi polimer (dengan variasi laju injeksi, konsentrasi polimer dan viskositas), memilih skenario yang tepat (laju injeksi, konsentrasi polimer dan viskositas polimer) yang dapat memberikan *recovery factor* yang maksimum

c. Pembatasan Masalah

- 1) Uji sensitivitas reologi polimer yang diberikan hanya terhadap temperatur dan salinitas
- 2) Studi tidak mencakup pembuatan model reservoir hingga tahapan penyelarasan model, karena model reservoir telah selaras
- 3) Model reservoir yang digunakan *artificial* dan homogen serta data yang digunakan dalam simulasi adalah data sekunder
- 4) Jenis simulasi reservoir yang digunakan diasumsikan tanpa kandungan komposisional yang spesifik, sehingga model yang digunakan adalah *Black Oil*
- 5) Sensitivitas yang dilakukan dalam pembuatan skenario injeksi polimer adalah terhadap laju injeksi, konsentrasi dan viskositas polimer

II. TINJAUAN PUSTAKA

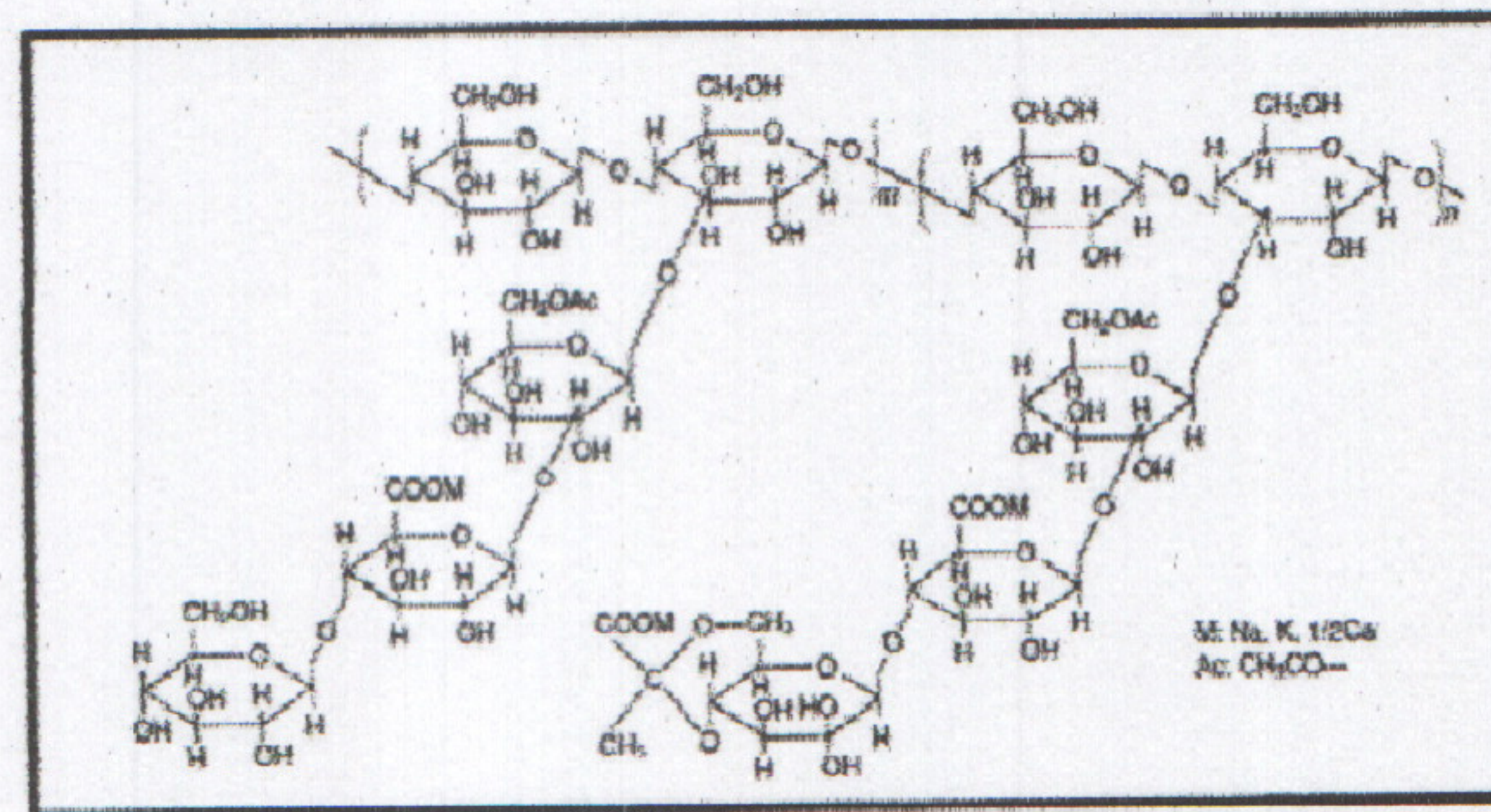
a. Injeksi Polimer

Polimer adalah rangkaian molekul sederhana berukuran sangat panjang yang terbentuk dari perulangan unit-unit kimia kecil dan sederhana yang mana dapat berbentuk linier membentuk rantai panjang atau rantai bercabang. Molekul-molekul yang bergabung membentuk polimer disebut monomer.

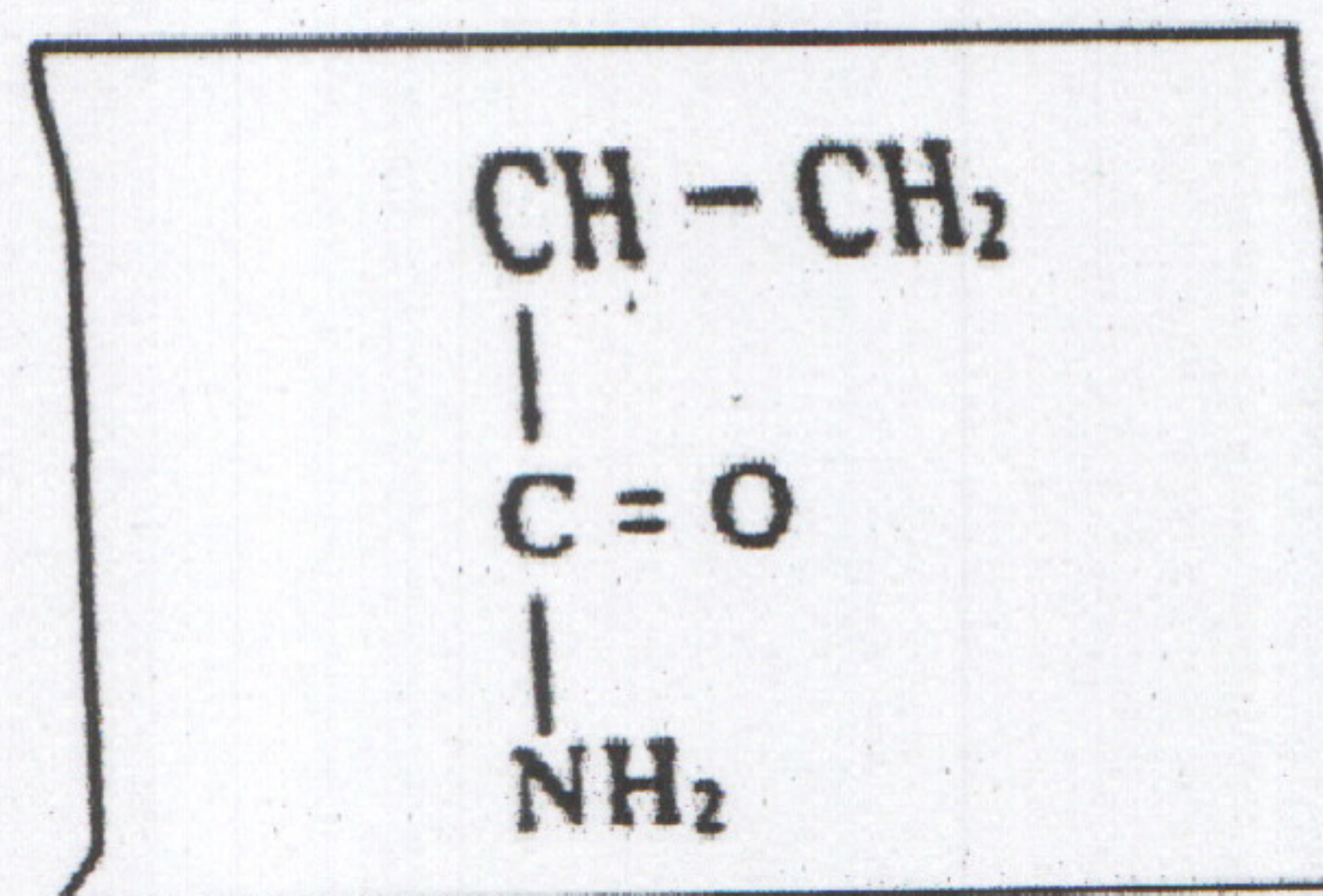
Injeksi polimer merupakan injeksi air yang disempurnakan, karena menambahkan bahan pengental (polimer) ke dalam air injeksi. Kemudian, bahan pengental (polimer) tersebut diinjeksikan ke dalam reservoir. Hal tersebut bertujuan untuk memperbaiki sifat fluida pendorong sehingga dapat meningkatkan perolehan minyak. Polimer dapat meningkatkan viskositas fluida pendorong dan memperbaiki perbandingan mobilitas antara air

dan minyak. Hal ini akan meningkatkan efisiensi penyapuan dari fluida pendorong. Terdapat 2 jenis polimer yang sering digunakan, yaitu polisakarida dan poliakrilamida (Green, Don.W. Willhite, G.Paul., 1998).

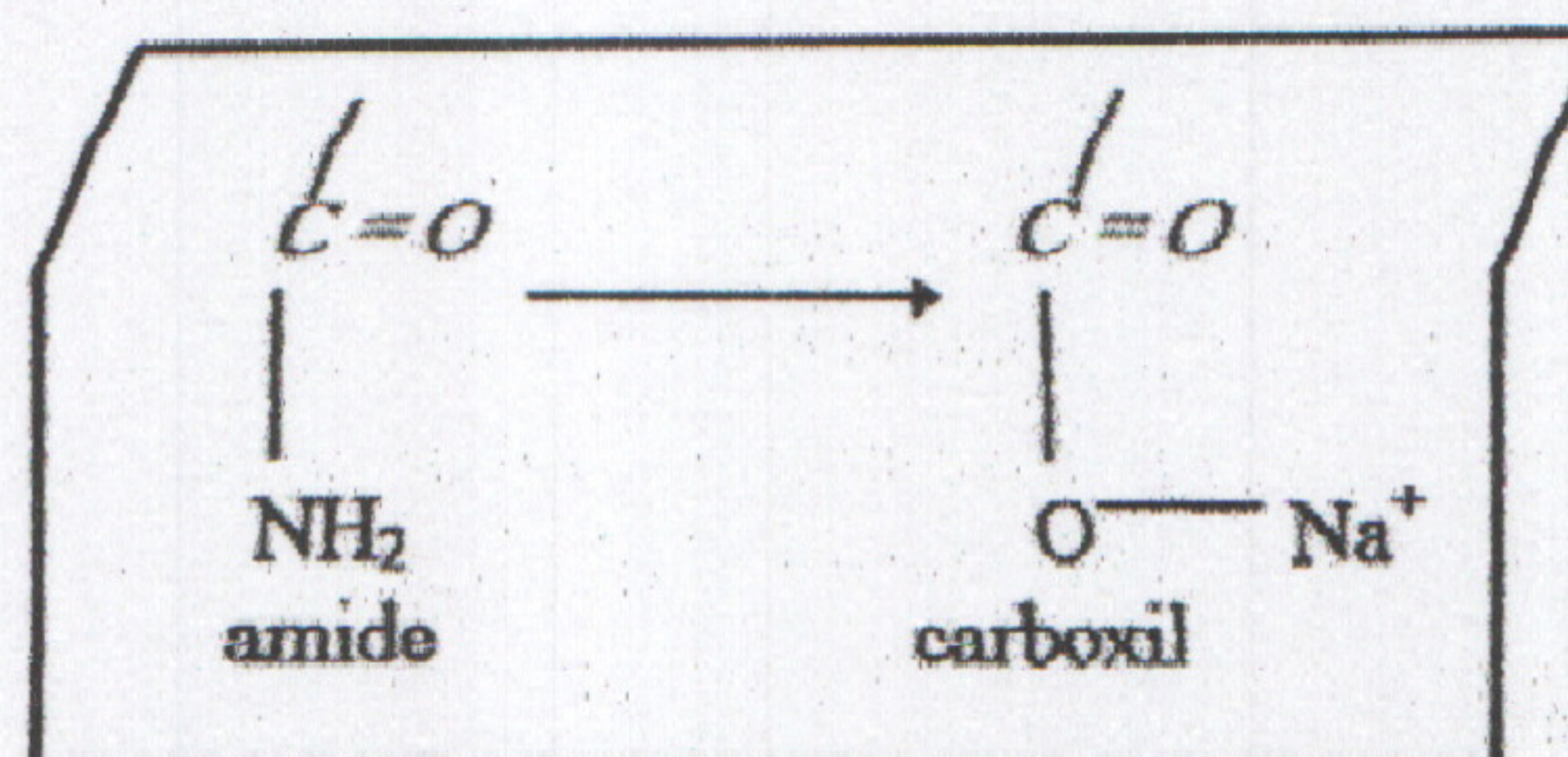
Polisakarida (*xanthan gum*) merupakan biopolimer yang dihasilkan dari mikroorganisme *Xanthomonas Campestris* melalui proses fermentasi pada media karbohidrat. Media karbohidrat tersebut mendapatkan *supply* protein dan energi gas nitrogen (N_2). Larutan encer *xanthan gum* sangat pseudoplastik. Dibawah kondisi shear yang besar seperti pemompaan, larutan *xanthan gum* mempunyai viskositas yang sangat kecil. Adanya sedikit *Sodium Chloride* ($NaCl$) akan menurunkan viskositas larutan *xanthan gum* yang berkonsentrasi rendah. *Xanthan gum* (Gambar 1) bersifat ionik dan bersifat polar. Gugus fungsi polar seperti $-OH$ dan $-NH_2$ akan mengakibatkan terbentuknya ikatan hidrogen sehingga gaya antar molekul polimer meningkat dan akan menaikkan kekerasan polimer sehingga lebih tahan terhadap degradasi mekanis daripada polimer poliakrilamida. Sedangkan, poliakrilamida merupakan polimer sintesis yang disintesis dari monomer akrilamida (Gambar 2) dan dibuat berdasarkan mekanisme radikal bebas. Polimer ini sangat fleksibel dan sensitif terhadap kerusakan mekanis dan degradasi karena memiliki rantai yang panjang dan diameter molekul kecil. Dari hasil reaksi hidrolisis parsial poliakrilamida dengan $NaOH$ menghasilkan polimer HPAM. Degradasi mekanis HPAM (Gambar 3) yang ionik dipengaruhi salinitas. Semakin tinggi kegaraman, semakin banyak jumlah gugus bermuatan HPAM yang ternetralisir dan menyebabkan ukuran molekul mengecil. Sedangkan degradasi kimia adalah adanya bakteri (Van Pollen, H.K., 1980).



Gambar 1. Struktur Molekul *Xanthan Gum* (Van Pollen, H.K., 1980)



Gambar 2. Struktur molekul akrilamida (Van Pollen, H.K., 1980)



Gambar 3. Struktur molekul HPAM (Van Pollen, H.K., 1980)

3.1.1. Sifat Polimer

Larutan polimer merupakan fluida non Newtonian, dimana hubungan antara *shear stress* dengan *shear rate* tidak linear. Viskositas larutan polimer akan menurun seiring dengan naiknya *shear rate*, temperatur dan salinitas dan pH. Pada *shear rate* rendah fluida *shear thinning* menunjukkan perilaku seperti fluida Newtonian, namun seiring dengan peningkatan *shear rate* maka menunjukkan perilaku seperti fluida *shear thinning* (Green, Don.W., Willhite, G.Paul., 1998). Untuk meningkatkan stabilitas. Dengan adanya penambahan elektrolit seperti NaCl ke dalam larutan polimer, maka akan menetralkan muatan di rantai samping molekul polimer. Karena gugus karboksilat (-COO-) dikelilingi oleh beberapa Na⁺ yang melindungi muatannya sehingga gaya tolak menolak antar gugus karboksilat (-COO-) pun berkurang dan viskositas pun menurun. Lalu, Pengaruh temperatur pada viskositas adalah dengan naiknya temperatur, maka aktivitas dari rantai polimer dan molekul-molekulnya meningkat serta gesekan antara molekul berkurang sehingga dapat menyebabkan degradasi pada polimer (Sheng, James, 2010).

3.1.2. Simulasi Reservoir

Simulasi reservoir adalah memodelkan kondisi reservoir secara matematik dengan mengintegrasikan berbagai data yang ada (geologi, geofisik, petrofisik, reservoir, produksi) untuk memperoleh kinerja reservoir pada berbagai kondisi sumur dan skenario produksi sehingga akan diperoleh perkiraan yang baik terhadap rencana atau tahapan pengembangan lapangan selanjutnya.

Tujuan dari simulasi reservoir adalah membuat model kondisi reservoir yang sebenarnya menjadi bentuk model yang lebih sederhana melalui bentuk model numerik dengan memakai software yang ada di komputer. Selain itu, dapat digunakan untuk perencanaan dalam operasi pengurusan minyak tahap lanjut pada reservoir agar mendapatkan jenis pengurusan minyak tahap lanjut yang paling optimal (Chriclow B. Henry, 1977).

III. ALAT DAN BAHAN

a. Alat

1. Labu leher tiga
2. Pendingin balik
3. Gelas beker
4. Corong pemisah
5. Termometer
6. Oven
7. *Magnetic Stirrer with heater*
8. *Stirrer Bar*
9. Timbangan digital
10. *Viscometer Brookfield*

b. Bahan

1. Monomer akrilamida
2. Aquades
3. NaOH
4. Inisiator kalium persulfat
5. Metanol
6. TEOS
7. HCl
8. Endapan kering polimer PAM
9. Endapan kering polimer PAMSi

- 10) Endapan kering polimer HPAM
- 11) Endapan kering polimer HPAMSi
- 12) Bubuk NaCl
- 13) Larutan polimer PAM
- 14) Larutan polimer PAMSi
- 15) Larutan polimer HPAM
- 16) Larutan polimer HPAMSi

IV. PROSEDUR PERCOBAAN

a. Pembuatan Polimer PAM

1. Mencampur 7.5 gr akrilamida+120 ml aquades+NaOH (sampai pH 8)
2. Memasukkan campuran tersebut ke dalam labu leher tiga
3. Menyalakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 200 rpm sambil menyalakan pemanas sampai suhu 55°C
4. Memasukkan inisiator kalium persulfat 0.4 gr ketika suhu mencapai suhu 55°C
5. Mengaduk campuran selama 105 menit
6. Mengendapkan polimer dengan metanol
7. Mengeringkan pada suhu 80 °C

b. Pembuatan Polimer PAMSi

1. Mencampur endapan polimer PAM kering 10 gr akrilamida+150 ml aquades+TEOS 1 tetes+HCl (sampai pH 4-5)
2. Memasukkan campuran tersebut ke dalam labu leher tiga
3. Menyalakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 200 rpm dengan suhu 60 °C
5. Mengaduk campuran selama 60 menit
6. Mengendapkan polimer dengan metanol
7. Mengeringkan pada suhu 80 °C

c. Pembuatan Polimer HPAM

1. Mencampur endapan polimer PAM kering+ 240 ml NaOH 0.5 N
2. Memasukkan campuran tersebut tadi ke dalam labu leher tiga
3. Menyalakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 200 rpm sambil menyalakan pemanas sampai suhu 55°C
5. Mengaduk campuran selama 90 menit
6. Mengendapkan polimer dengan metanol
7. Mengeringkan pada suhu 80 °C

d. Pembuatan Polimer HPAMSi

1. Mencampur endapan polimer HPAM kering 10 gr akrilamida+150 ml aquades+TEOS 5 gr +HCl (sampai pH 4-5)
2. Memasukkan campuran tersebut tadi ke dalam labu leher tiga
3. Menyalakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 200 rpm dengan suhu 60 °C
5. Mengaduk campuran selama 60 menit
6. Mengendapkan polimer dengan metanol
7. Mengeringkan pada suhu 80 °C

e. Pembuatan Larutan Polimer

1. Mencampurkan masing-masing polimer kering PAM, PAM Si, HPAM dan HPAM Si dengan aquadest berdasarkan konsentrasi yang akan dibuat :

1. = 0.05 gr polimer kering + 49.95 gr aquades

2. = 0.25 gr polimer kering + 49.75 aquades

3. = 0.5 gr polimer kering + 49.5 gr aquades

campuran polimer kering dan aquades dengan *magnetic stirrer* selama minimal 16 jam hingga homogen.

Alat yang digunakan pada pengujian ini adalah *Viscometer Brookfield*.

Tempatkan sampel larutan polimer kedalam *cup*

Putar *spindle* sebanyak 5 putaran selama semenit sebelum melakukan pengukuran

Kecepatan (RPM) yang digunakan adalah 8 RPM

Ukur viskositas dengan konsentrasi larutan PAM sebanyak 10,000 ppm pada temperatur ruangan kecepatan (RPM) 8 selama 2 menit. Kemudian dengan konsentrasi dan kecepatan

yang sama, naikan temperatur menjadi 40 °C, 50 °C, 60 °C, 70 °C dan 80 °C

Ukur langkah dari nomor 1-4 untuk konsentrasi 5,000 ppm dan 1,000 ppm

Ukur larutan polimer PAMSi, HPAM dan HPAMSi dengan konsentrasi yang sama dengan langkah dari nomor 1-5.

Uji Polimer dengan Simulator IMEX

Input model geologi, data sifat fisik batuan dan fluida reservoir dari *paper*

Input data-data tersebut ke dalam simulator IMEX CMG

Ukur dan *History matching*

Ukur selama 12 tahun untuk skenario basecase dan prediksi selama 50 tahun dengan pola

seperti untuk tiga skenario, yaitu : Skenario 1 (*basecase*+injeksi air), Skenario 2 adalah

seperti Skenario 1 tetapi dilakukan penambahan polimer HPAM, Skenario 3 sama

seperti Skenario 2, namun polimer yang digunakan adalah polimer HPAMSi. Sensitivitas

yang digunakan pada ketiga skenario tersebut adalah terhadap laju injeksi

untuk mengetahui peningkatan *recovery factor*

dan menentukan skenario mana yang menghasilkan kumulatif produksi serta *recovery factor*

yang paling besar.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Sintesis Polimer

Hasil dari satu kali running pembuatan polimer PAM menghasilkan 7.7 gram polimer (Gambar 4) dan metanol yang digunakan untuk mengendapkan polimer tersebut sebanyak

407 ml. Kemudian, dari satu kali running pembuatan polimer PAMSi menghasilkan 8.6 gram

polimer kering (Gambar 5) dan membutuhkan 407 ml metanol untuk mengendapkan.

Sementara, hasil dari satu kali running polimer HPAM menghasilkan polimer seberat 6.5 gram

(Gambar 6) dan membutuhkan metanol untuk mengendapkannya sebanyak 480 ml. Serta pada

PAMSi menghasilkan polimer kering seberat 3.9 gram (Gambar 7) dan membutuhkan metanol

sebanyak 450 ml untuk mengendapkannya.

Penambahan TEOS (silika) pada polimer bertujuan agar mendapatkan polimer yang tahan

terhadap kenaikan temperatur. Namun, hasil yang didapat adalah dengan menambahkan TEOS

tidak ada dalam polimer hanya meningkatkan berat molekul dari polimer sehingga viskositasnya

meningkat, tetapi tidak membuat polimer tersebut tahan terhadap kenaikan temperatur.

Hasil Uji Reologi

Endapan polimer kering (PAM, PAMSi, HPAM dan HPAMSi) yang dihasilkan dari

polimer selanjutnya digunakan untuk membuat larutan-larutan polimer tersebut. Alat

yang digunakan *Viscometer Brookfield DV3TLV* dengan kecepatan putar (RPM) yang digunakan 8. Sensitivitas yang diberikan pada pengukuran reologi adalah temperatur dan salinitas karena dapat menyebabkan polimer terdegradasi. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui dan mendapatkan polimer yang tahan terhadap penurunan viskositas akibat kenaikan temperatur dan salinitas. Konsentrasi polimer (PAM, PAM Si, HPAM dan HPAM Si) yang dibuat adalah 1,000 ppm, 5,000 ppm dan 10,000 ppm, lalu dari masing-masing konsentrasi polimer tersebut diberikan salinitas sebanyak 0, 10,000 ppm dan 30,000. Setelah larutan-larutan polimer dibuat (**Gambar 8**), kemudian mengukur viskositasnya dengan berbagai variasi temperatur. Temperatur yang diberikan adalah 30°C, 40°C, 50°C, 60°C, 70°C, 80°C. Untuk melihat seberapa tajam penurunan viskositas dari polimer PAM, PAM Si, HPAM dan HPAM Si akibat pengaruh temperatur dan salinitas dapat dilihat pada grafik (**Gambar 9-Gambar 20**). Dari kedua belas grafik tersebut disimpulkan bahwa semakin tinggi temperatur maka viskositas polimer (PAM, PAM Si, HPAM dan HPAM Si) akan mengalami penurunan. Sedangkan untuk sensitivitas terhadap salinitas, semakin tinggi harga salinitas yang diberikan kepada polimer HPAM dan HPAM Si maka viskositasnya akan menurun. Namun, untuk polimer PAM dan PAM Si, viskositasnya meningkat seiring dengan besarnya harga salinitas yang diberikan. Pada polimer PAM Si dan HPAM Si terlihat trend penurunan viskositas yang cukup tajam dibandingkan dengan polimer PAM dan HPAM sehingga dapat disimpulkan bahwa polimer PAM Si dan HPAM Si tidak tahan terhadap kenaikan temperatur walaupun mempunyai nilai viskositas yang lebih tinggi dari polimer yang tidak ditambahkan TEOS (silika). Polimer yang telah ditambahkan TEOS (silika) memiliki viskositas yang lebih tinggi dibandingkan dengan polimer yang tidak ditambahkan silika. Nilai viskositas PAM Si lebih besar daripada PAM dan nilai HPAM Si lebih besar daripada nilai HPAM dikarenakan silika yang terdapat dalam TEOS dapat menaikkan berat molekul. Dimana jika berat molekul besar maka viskositas akan semakin besar pula.

c. Hasil Simulasi Injeksi Polimer

Luas area pada model reservoir ini adalah 313.6 acres yang menghasilkan *Original Oil in Place* (OOIP) sebesar 116,500,000 STB. Sumur yang beroperasi pada model ini sebanyak 2 sumur, yaitu 1 sumur produksi dan 1 sumur injeksi. Sumur produksi dan sumur injeksi diletakkan di paling ujung grid dari model dan berlawanan arah secara diagonal (**Gambar 21**). Model yang digunakan adalah model reservoir cartesian 3 dimensi yang diambil dari *paper* yang berjudul "*Integrated Clustering/ Geostatistical/ Evolutionary Strategies Approach for 3D Reservoir Characterization and Assisted History-Matching In a Complex Carbonate Reservoir, SACROC Unit, Permian Basin*". Model reservoir cartesian 3D pada SACROC Unit, Permian Basin adalah heterogen. Namun, pada studi ini model reservoir cartesian 3D dibuat homogen dan telah dilakukan penyelarasan, sehingga tahap inialisasi dan *history matching* tidak termasuk.

Pemilihan jenis, konsentrasi dan viskositas polimer yang digunakan untuk injeksi polimer berdasarkan dari *screening criteria* data reservoir seperti yang terlihat pada **Tabel 1**. Kemudian untuk pemodelan reservoir menggunakan data yang didapat dari *paper* acuan seperti yang tercantum dalam **Tabel 2 hingga Tabel 5**.

Skenario akan dibagi menjadi 4 jenis, yaitu skenario *basecase*, skenario 1 (injeksi air), skenario 2 (injeksi polimer menggunakan polimer HPAM) dan skenario 3 (injeksi polimer menggunakan polimer HPAM Si). Pada skenario injeksi air, sensitivitas yang digunakan yaitu laju injeksi. Pada skenario 2 dan 3 yaitu injeksi polimer, sensitivitas yang digunakan adalah laju injeksi, konsentrasi dan viskositas polimer yang diinjeksikan. Pola sumur injeksi-produksi yang digunakan adalah $\frac{1}{4}$ *five spot* dan prediksi kinerja reservoir dengan skenario tersebut dilakukan selama 30 tahun mulai dari 1 Agustus 2025 sampai dengan 1 Agustus 2075.

Skenario *basecase*, yaitu tidak ada kegiatan *workover*, penambahan sumur infill maupun sumur injeksi. Sumur produksi pada skenario ini hanya ada 1 sumur. Pada akhir skenario *basecase*, laju produksi minyak mencapai 413 bbl/day yang menghasilkan kumulatif produksi

minyak (N_p) sebesar 6,013,300 STB dan RF sebesar 5.16%.

Sensitivitas laju injeksi yang digunakan pada skenario injeksi air dan injeksi polimer adalah sebesar 1,000 bbl/day, 5,000 bbl/day, 9,000 bbl/day dan 11,000 bbl/day. Selain laju injeksi, sensitivitas yang diberikan untuk injeksi polimer (skenario 2 dan skenario 3) adalah terhadap konsentrasi polimer dan viskositas. Konsentrasi polimer yang digunakan pada skenario 2 dan 3 sama, yaitu 1,000 ppm, 5,000 ppm dan 10,000 ppm.

Skenario 1 terbagi menjadi 4 berdasarkan laju injeksi, yaitu skenario 1 A, 1 B, 1 C dan 1 D. Skenario 1 A adalah injeksi air dengan laju injeksi 1,000 bbl/day, skenario 1 B merupakan injeksi air dengan laju injeksi 5,000 bbl/day, skenario 1 C mempunyai laju injeksi 9,000 bbl/day dan skenario 1 D menggunakan laju injeksi 11,000 bbl/day untuk injeksi air.

Skenario 2 dan 3 terbagi menjadi 12 bagian berdasarkan laju injeksi, konsentrasi polimer dan viskositas polimer. Yang membedakan antara skenario 2 dan 3 adalah jenis polimer yang digunakan. Skenario 2 menggunakan polimer HPAM dan skenario 3 menggunakan polimer HPAM Si. Untuk polimer dengan konsentrasi 1,000 ppm diberi nama x, sedangkan untuk konsentrasi 5,000 ppm adalah y dan konsentrasi 10,000 ppm adalah z. Nilai viskositas mengikuti konsentrasi polimer dengan jenis polimernya (HPAM maupun HPAM Si). Kemudian, pada laju injeksi 1,000 bbl/day diberi nama A, sehingga skenario pada laju ini adalah 2 Ax, 2 Ay dan 2 Az. Untuk laju injeksi 5,000 diberi nama B sehingga skenario pada laju ini adalah 2 Bx, 2 By dan 2 Bz. Pada laju injeksi 9,000 ppm diberi nama C sehingga skenarionya adalah 2 Cx, 2 Cy dan 2 Cz. Pada laju injeksi 11,000 bbl/day dibagi menjadi 3 dan diberi nama D sehingga skenarionya adalah 2 Dx, 2 Dy dan 2 Dz. Begitupun untuk skenario 3, skenario yang dibuat sama seperti skenario 2 yaitu terbagi menjadi 12 bagian (3 Ax, 3 Ay, 3 Az, 3 Bx, 3 By, 3 Bx, 3 Cx, 3 Cy, 3 Cz, 3 Dx, 3 Dy dan 3 Dz). Hasil dari skenario-skenario tersebut dapat dilihat pada Tabel 6.

KESIMPULAN

1. Penambahan TEOS (silika) pada polimer dapat meningkatkan berat molekul polimer sehingga memberikan hasil viskositas yang besar.
2. Polimer yang tahan terhadap kenaikan temperatur dengan variasi salinitas adalah polimer HPAM.
3. Pengujian yang dilakukan terhadap model reservoir, memberikan peningkatan factor perolehan dari scenario *base case* sebesar 5.16%.
4. Dari hasil pemodelan di reservoir, maka laju injeksi polimer yang optimum diperoleh sebesar 5,000 bbl/day. Pada skenario 1 pada laju injeksi 5,000 bbl/day menghasilkan faktor perolehan sebesar 32.5%.
5. Skenario yang direkomendasikan adalah skenario 3 Bz menggunakan laju injeksi 5,000 bbl/day dengan konsentrasi polimer HPAM Si sebesar 10,000 ppm dan viskositas 11.4 cp, karena memberikan kenaikan factor perolehan yang paling tinggi dibandingkan dengan skenario yang lainnya, yaitu mengalami peningkatan sebesar 43.3% dari akhir produksi.

DAFTAR PUSTAKA

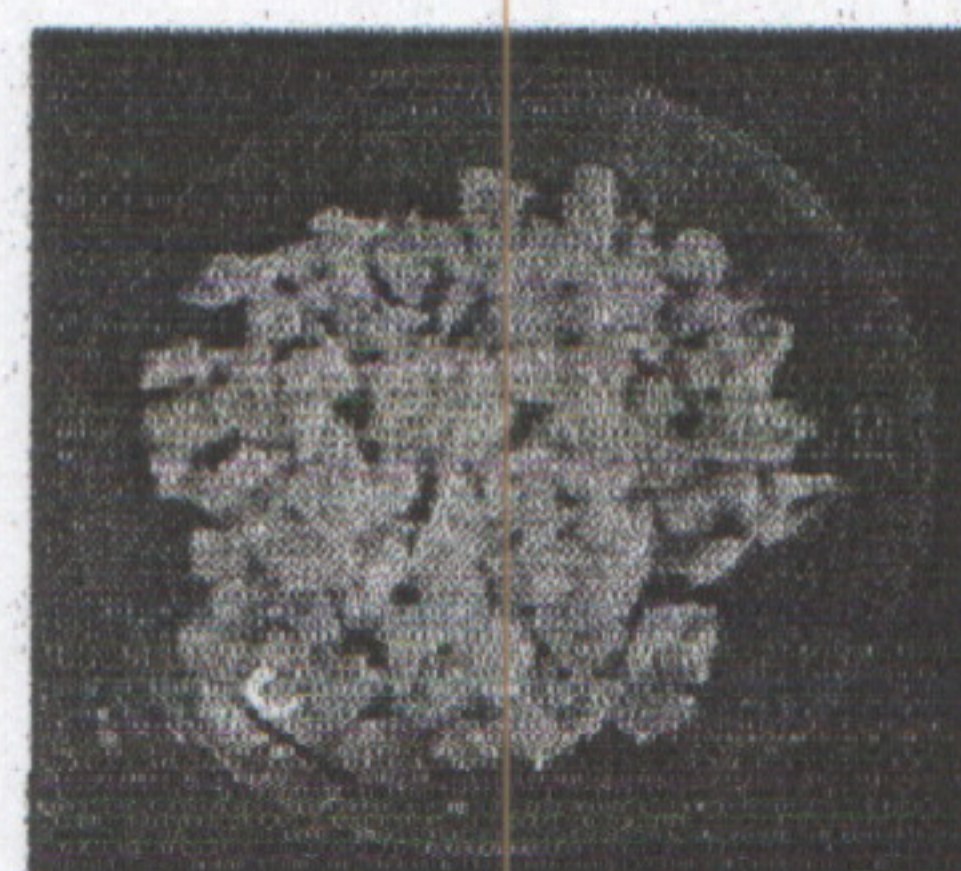
Ainulqulba, Fathunisa. 2017. "Studi Laboratorium dan Simulasi Reservoir Untuk Meningkatkan Perolehan Minyak Menggunakan Injeksi Polimer", Teknik Perminyakan UPN "Veteran" Yogyakarta, Yogyakarta.

Chriclow B. Henry., "Modern Reservoir Engineering – A Simulation Approach", Prantice Hall, Inc, Oklahoma, 1977.

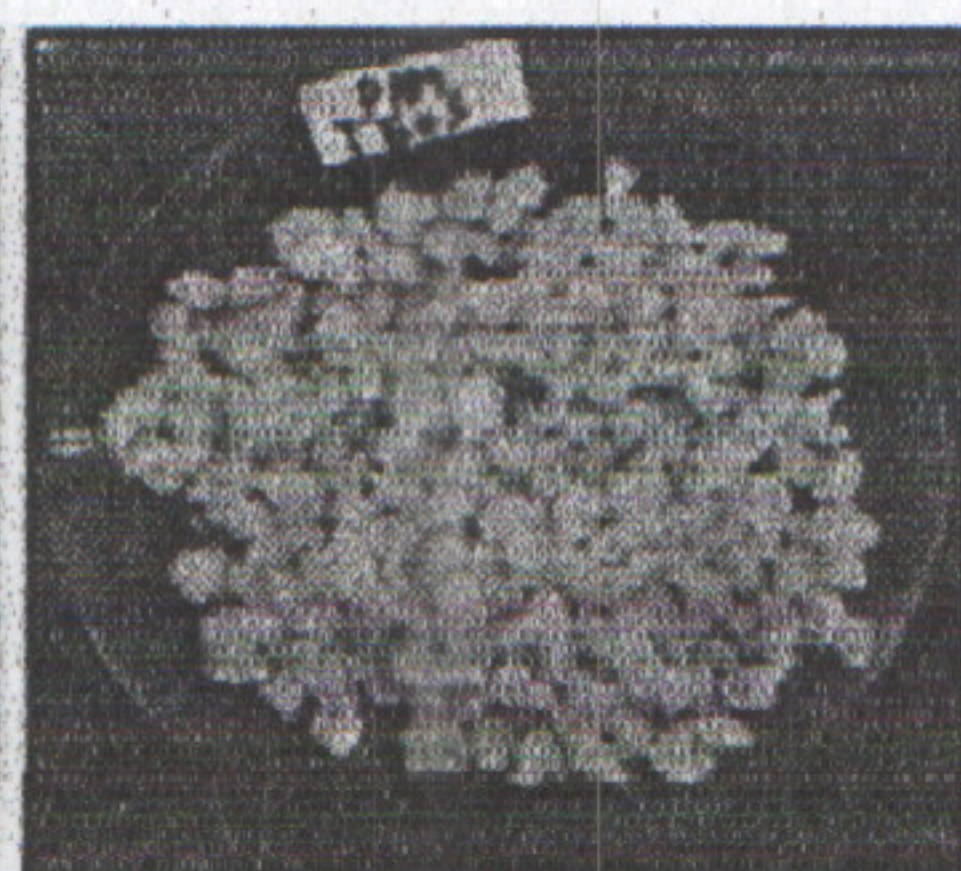
Evolutionary Strategies Approach for 3D Reservoir Characterization and Assisted History-Matching in a Complex Carbonate Reservoir, SACROC Unit, Permian Basin". Society of Petroleum Engineers.

Gonzalez, R. J., Eslinger, E., Reeves, S. R., Schepers, K. C., & Back, T. (2008, January 1).

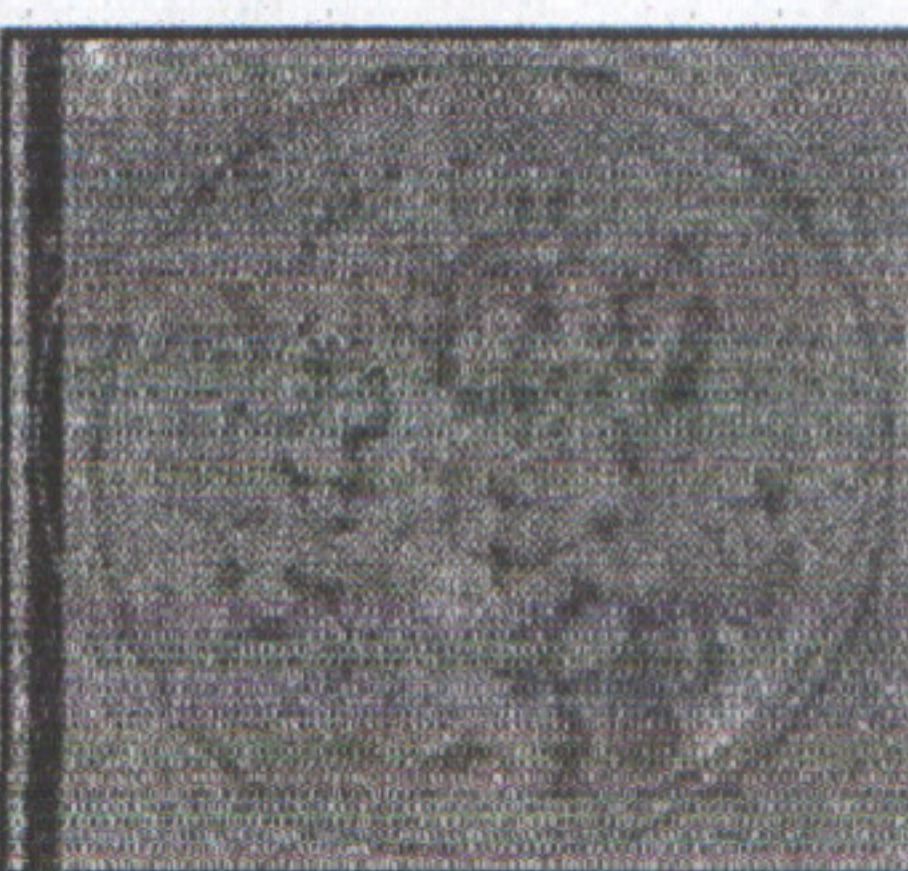
“Integrated Clustering/Geostatistical/Evolutionary Strategies Approach for 3D Reservoir Characterization and Assisted History-Matching in a Complex Carbonate Reservoir, SACROC Unit, Permian Basin”. Society of Petroleum Engineers
 Green, Don.W., Willhite, G.Paul., “Enhanced Oil Recovery”. Henry L. Doherty Memorial Fund of AIME. SPE of AIME, New York, 1972.
 Nararya, D., “Polimerisasi Akrilamid Dengan Pelarut Aquadest dan Inisiator Kalium Persulfat pada Kondisi Basa”, 2005.
 Sheng, James J., “Modern Chemical Enhanced Oil Recovery”, Gulf Professional Publishing, 2010.
 Van Pollen, H.K. & Associates, Inc. : “Fundamentals Of Enhanced Oil Recovery”, PennWell Books, Tulsa, Oklahoma, 1980.



Gambar 4.
 Polimer PAM



Gambar 5.
 Polimer PAMSi



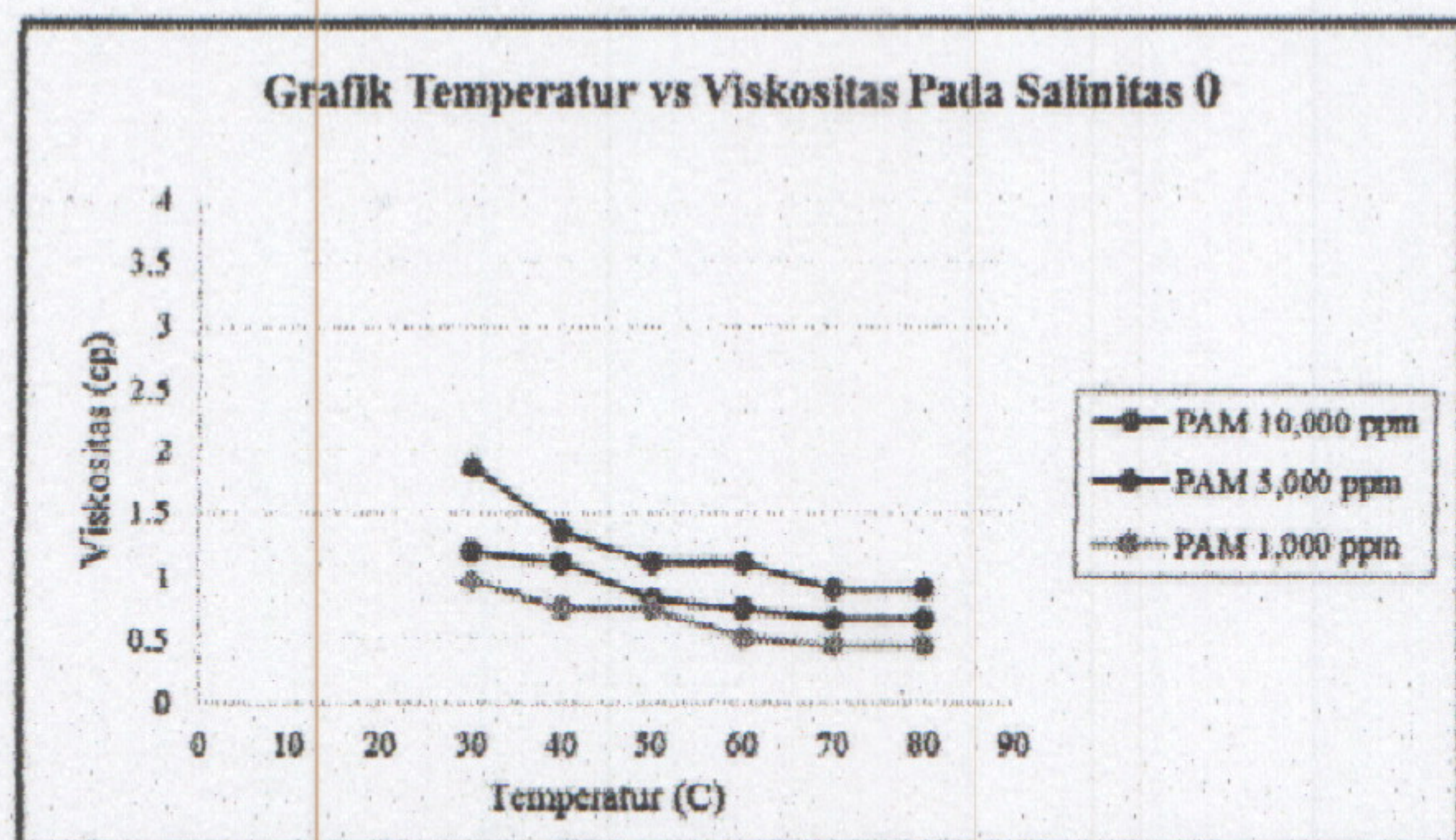
Gambar 6.
 Polimer HPAM



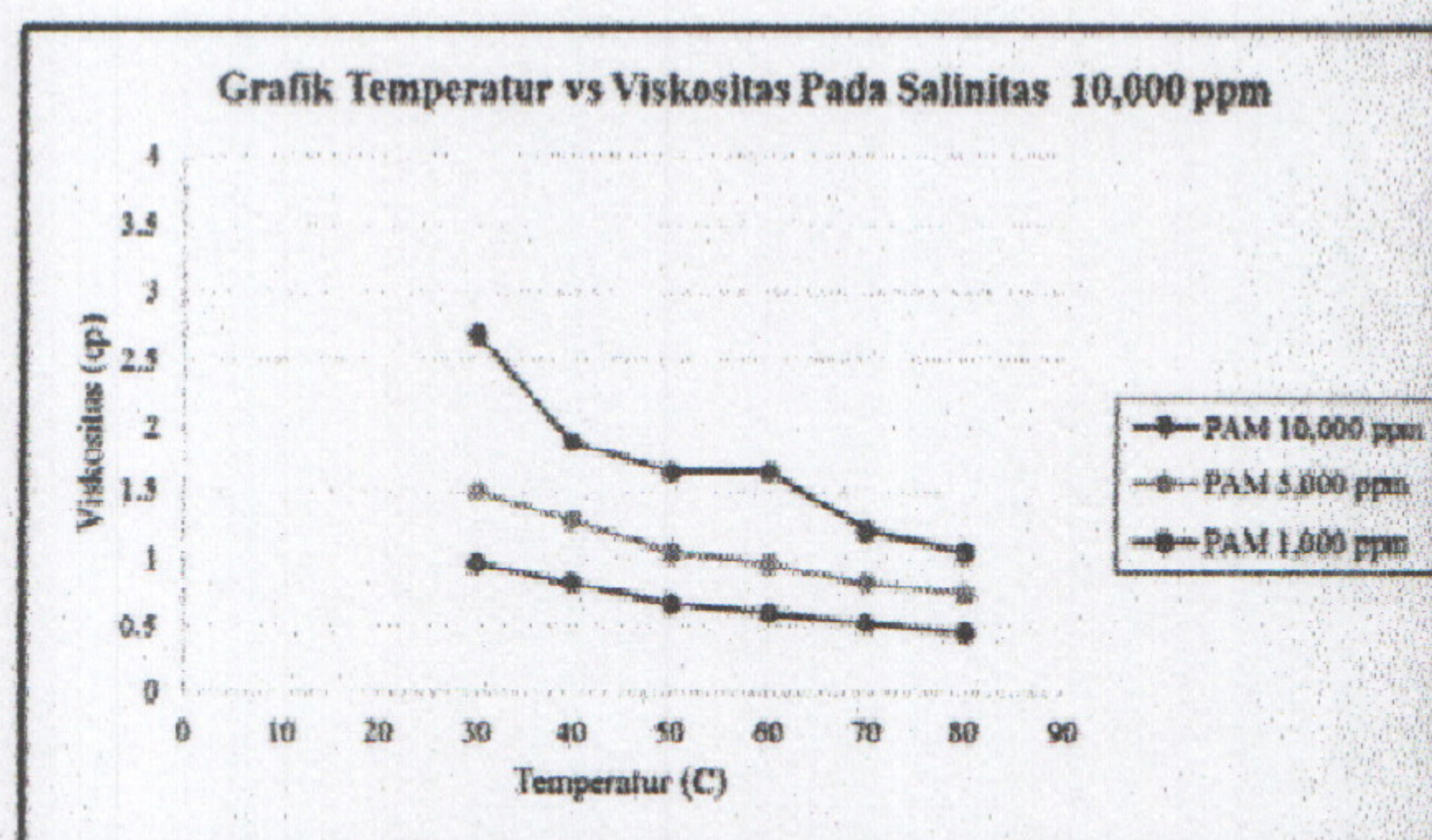
Gambar 7.
 Polimer HPAMSi



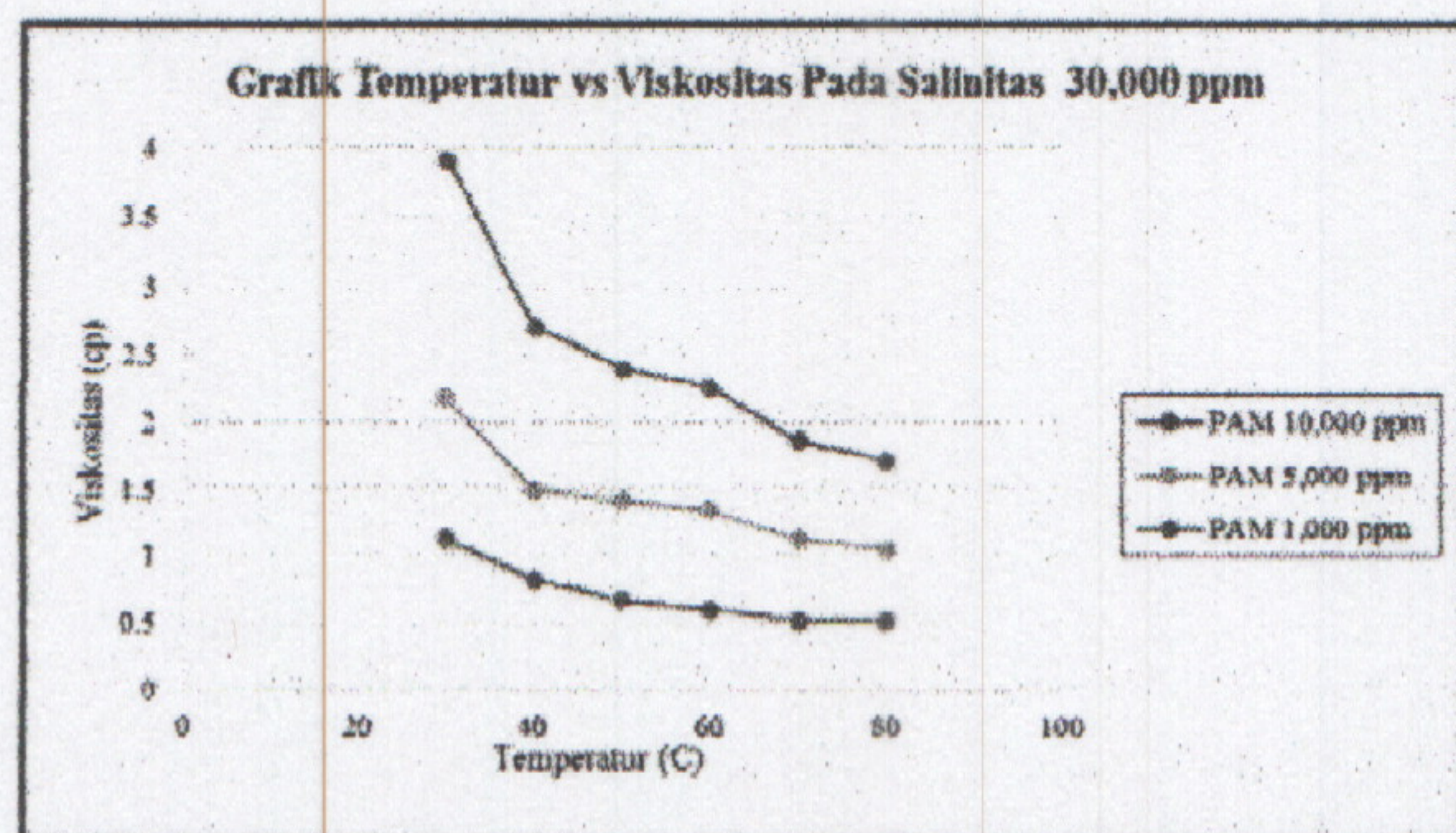
Gambar 8.
 Larutan Polimer



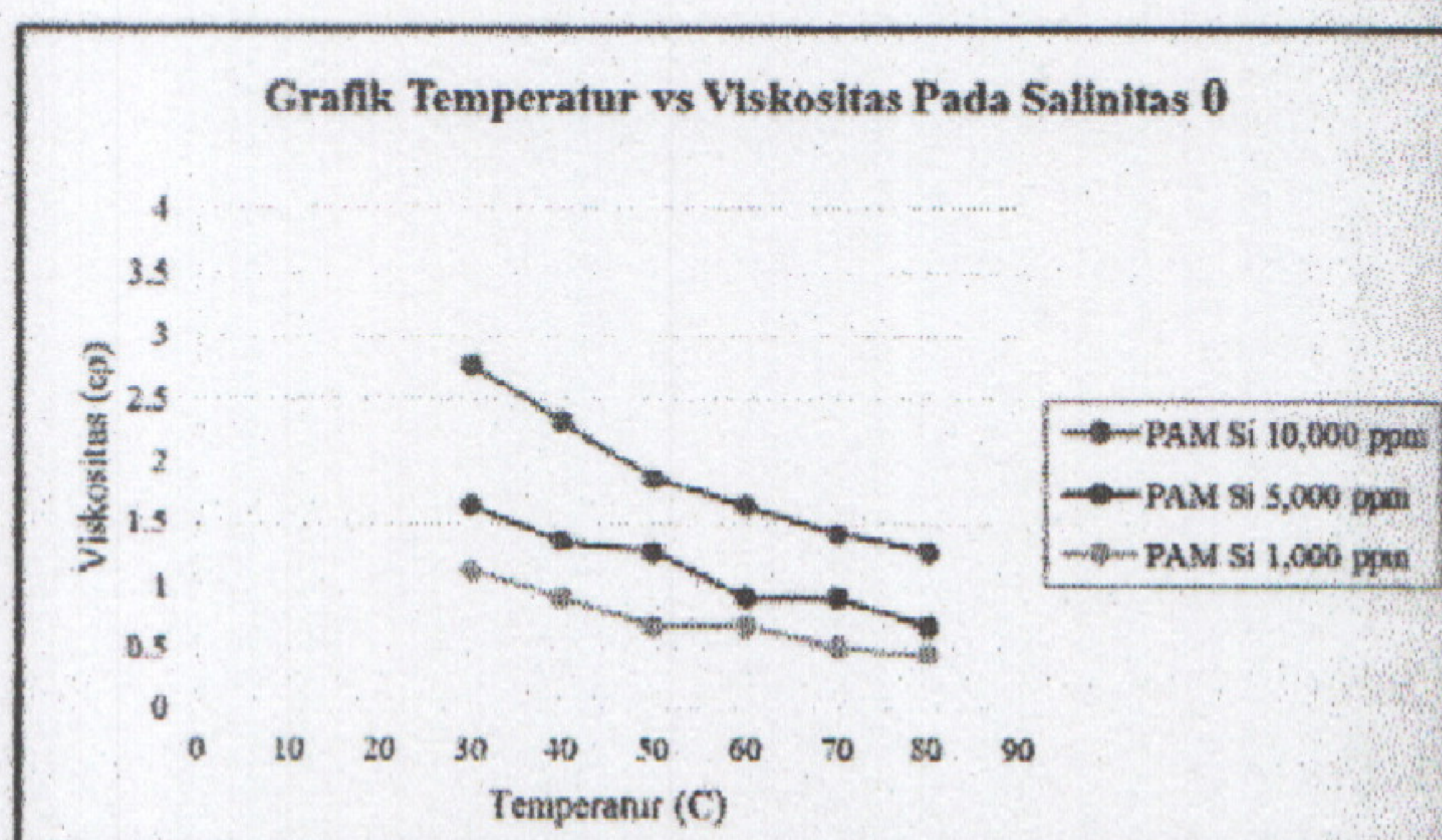
Gambar 9.
 Viskositas PAM pada Salinitas 0



Gambar 10.
 Viskositas PAM pada Salinitas 10,000 ppm

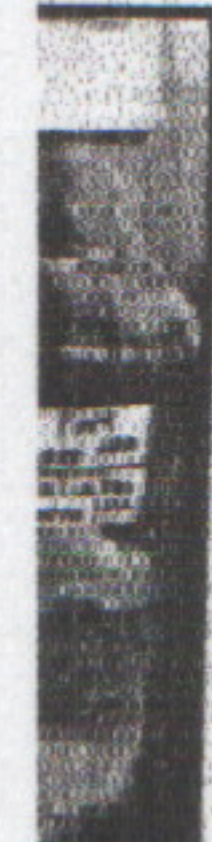


Gambar 11.
 Viskositas PAM pada Salinitas 30,000 ppm

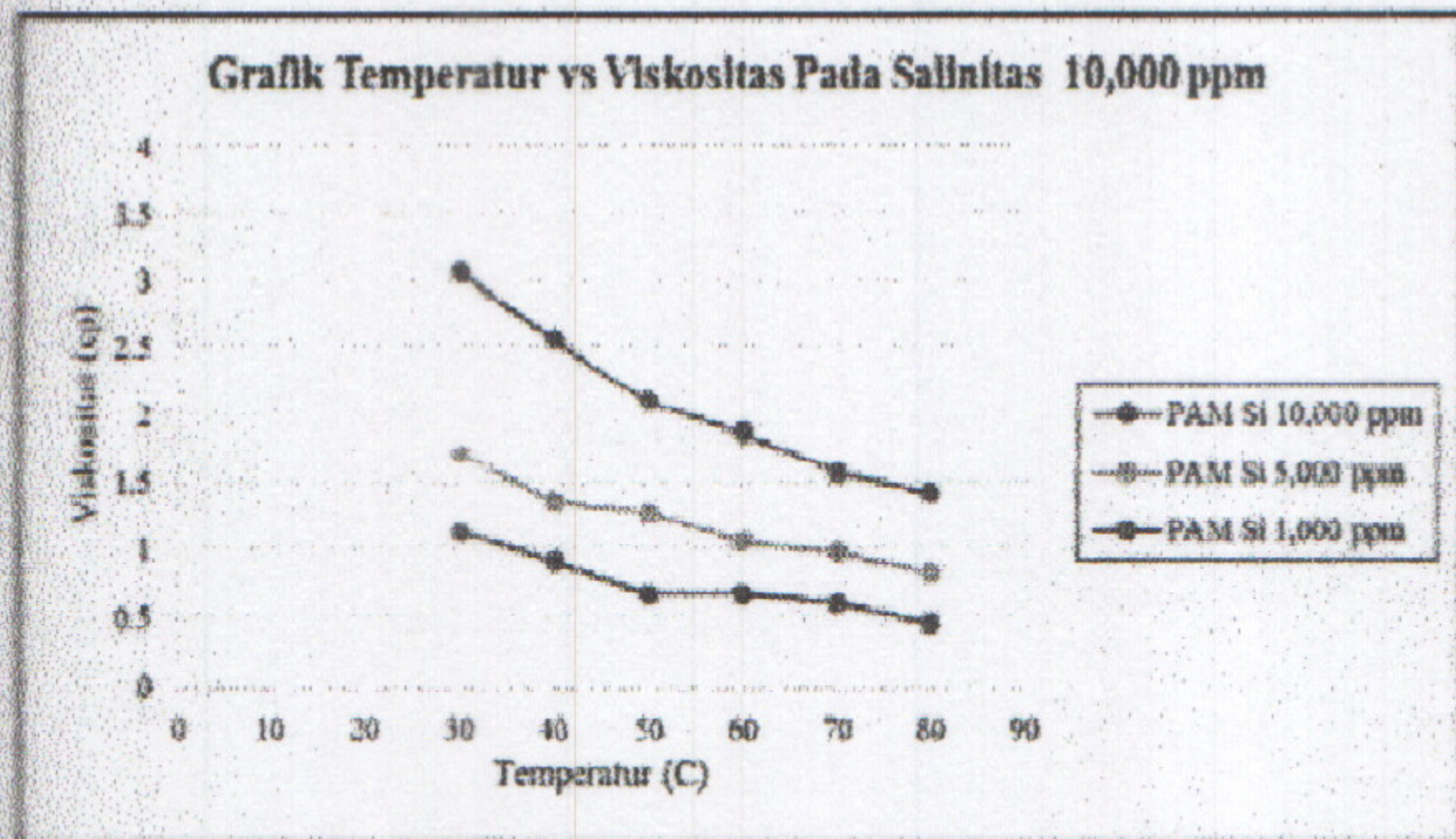
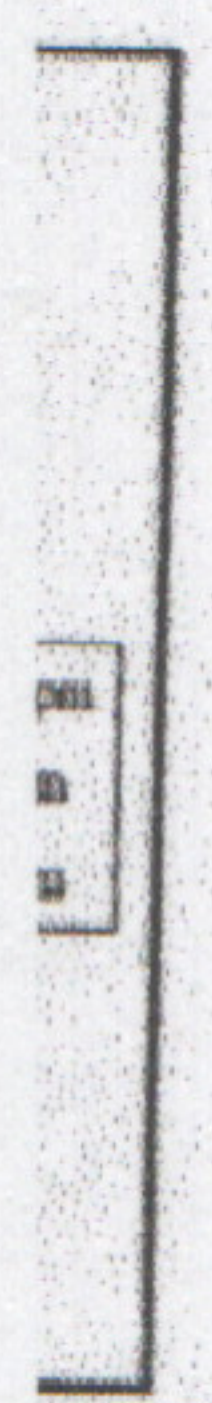


Gambar 12.
 Viskositas PAMSi pada Salinitas 0

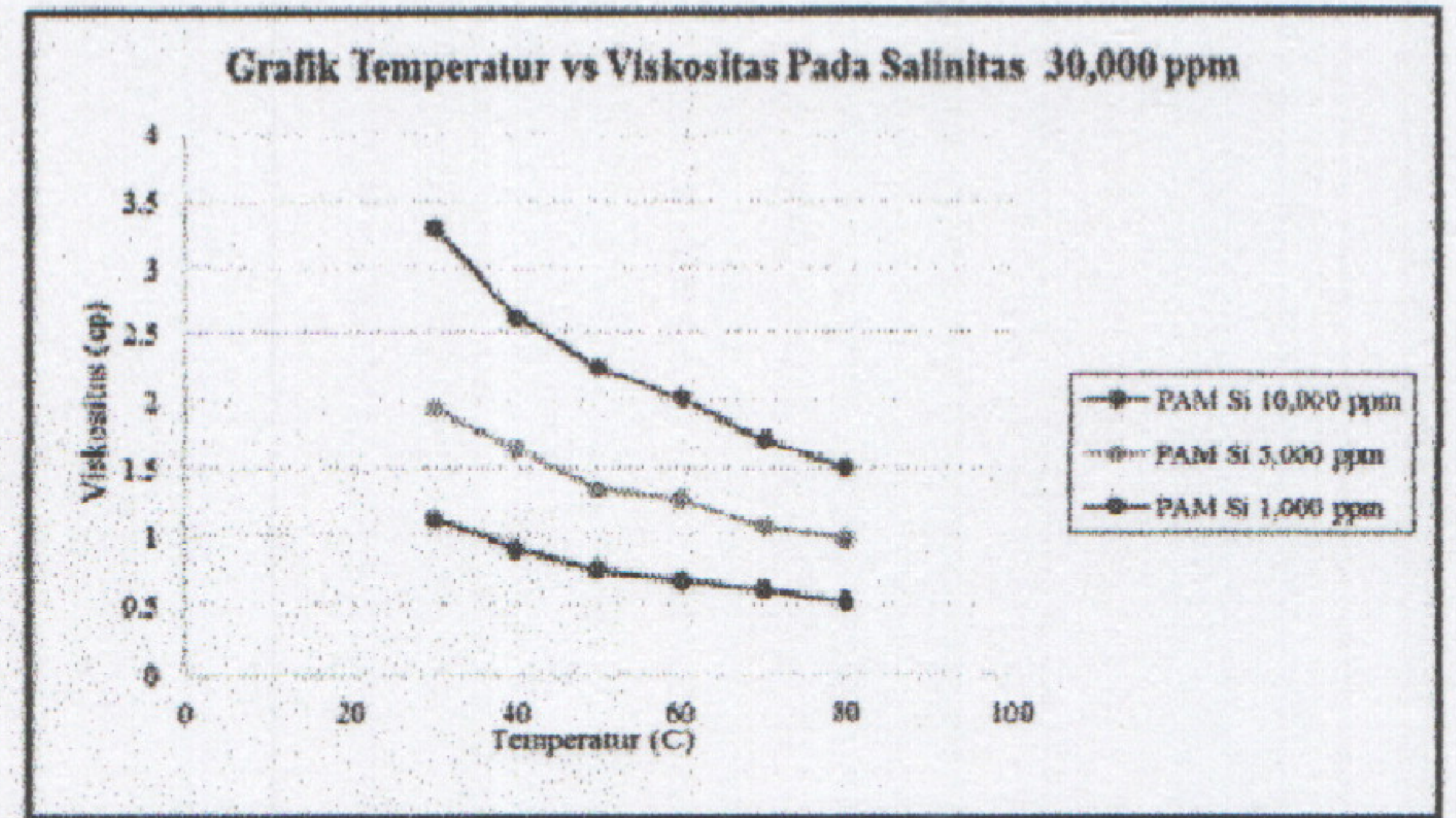
3D
mate
Fund
ulfat
ing,
Well



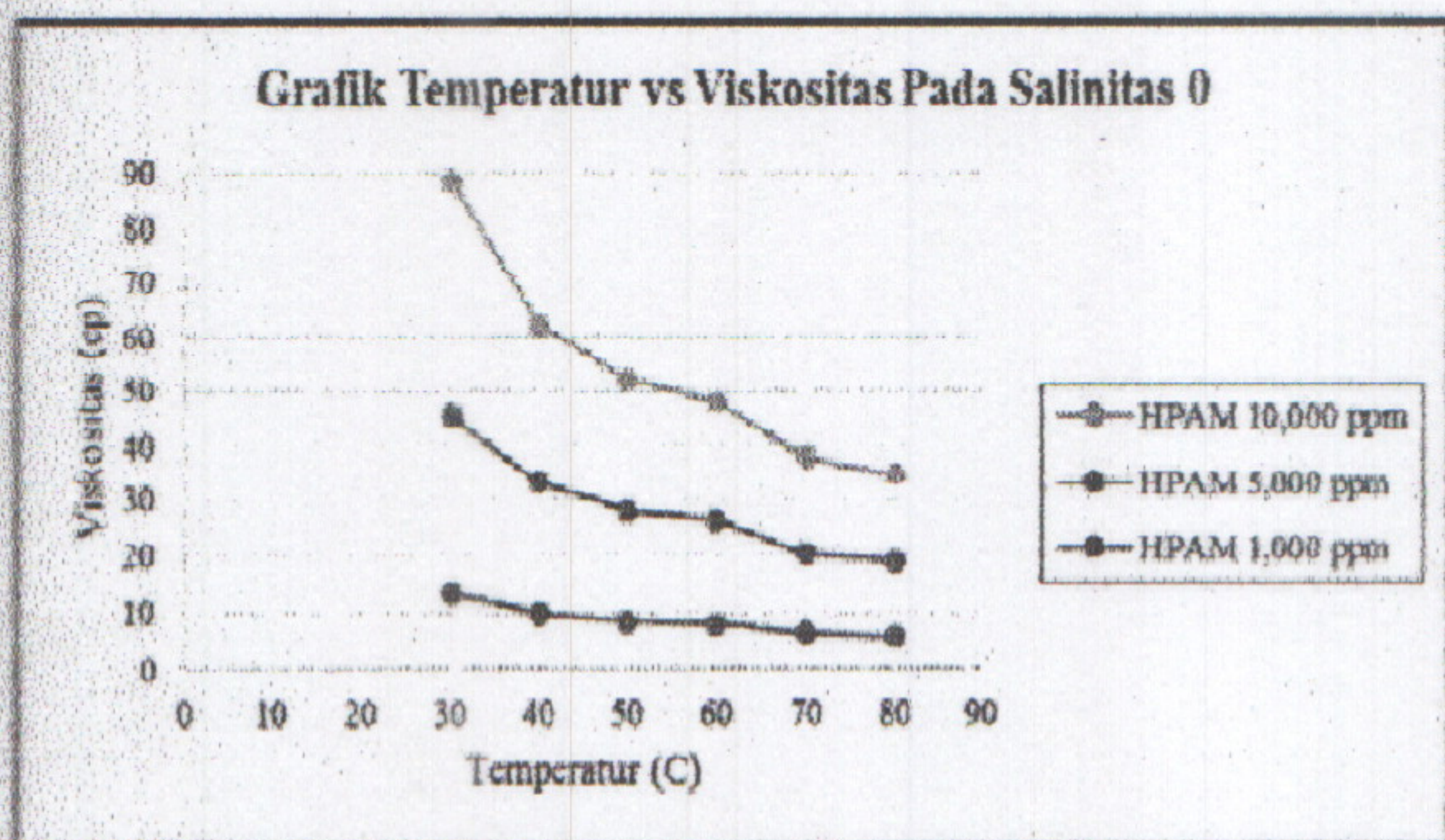
ner



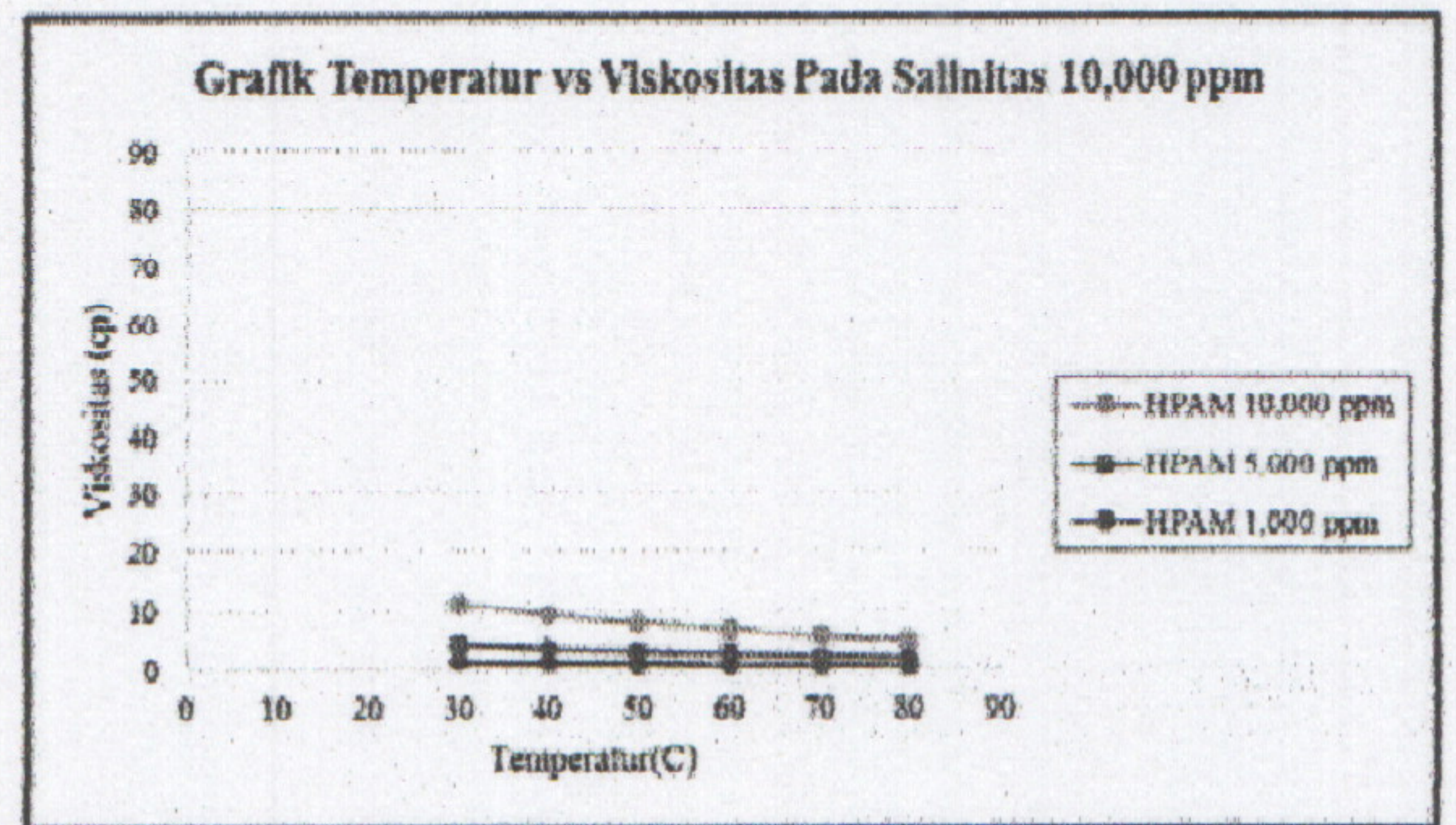
Gambar 13.
Viskositas PAMSi pada Salinitas 10,000 ppm



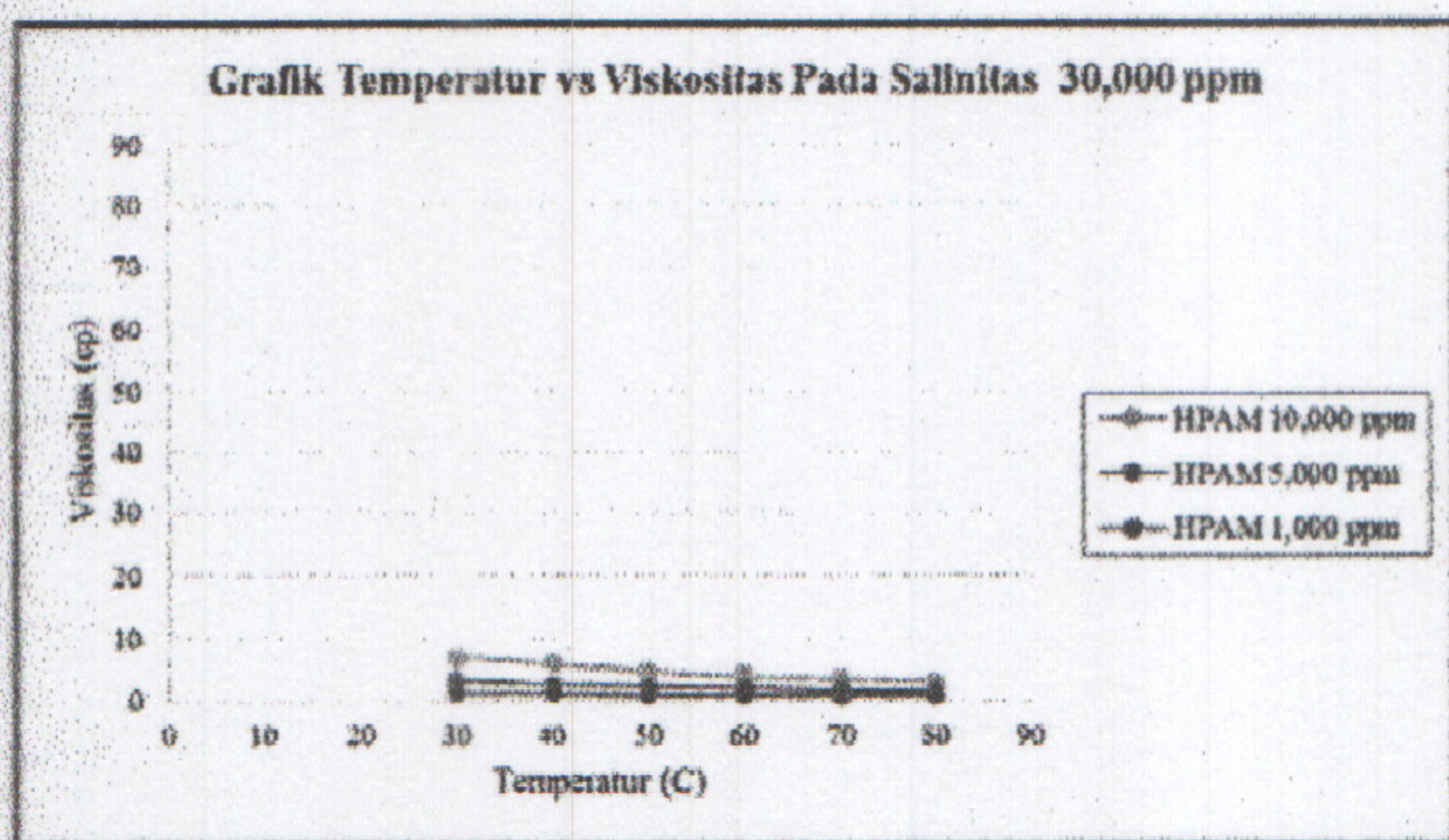
Gambar 14.
Viskositas PAMSi pada Salinitas 30,000 ppm



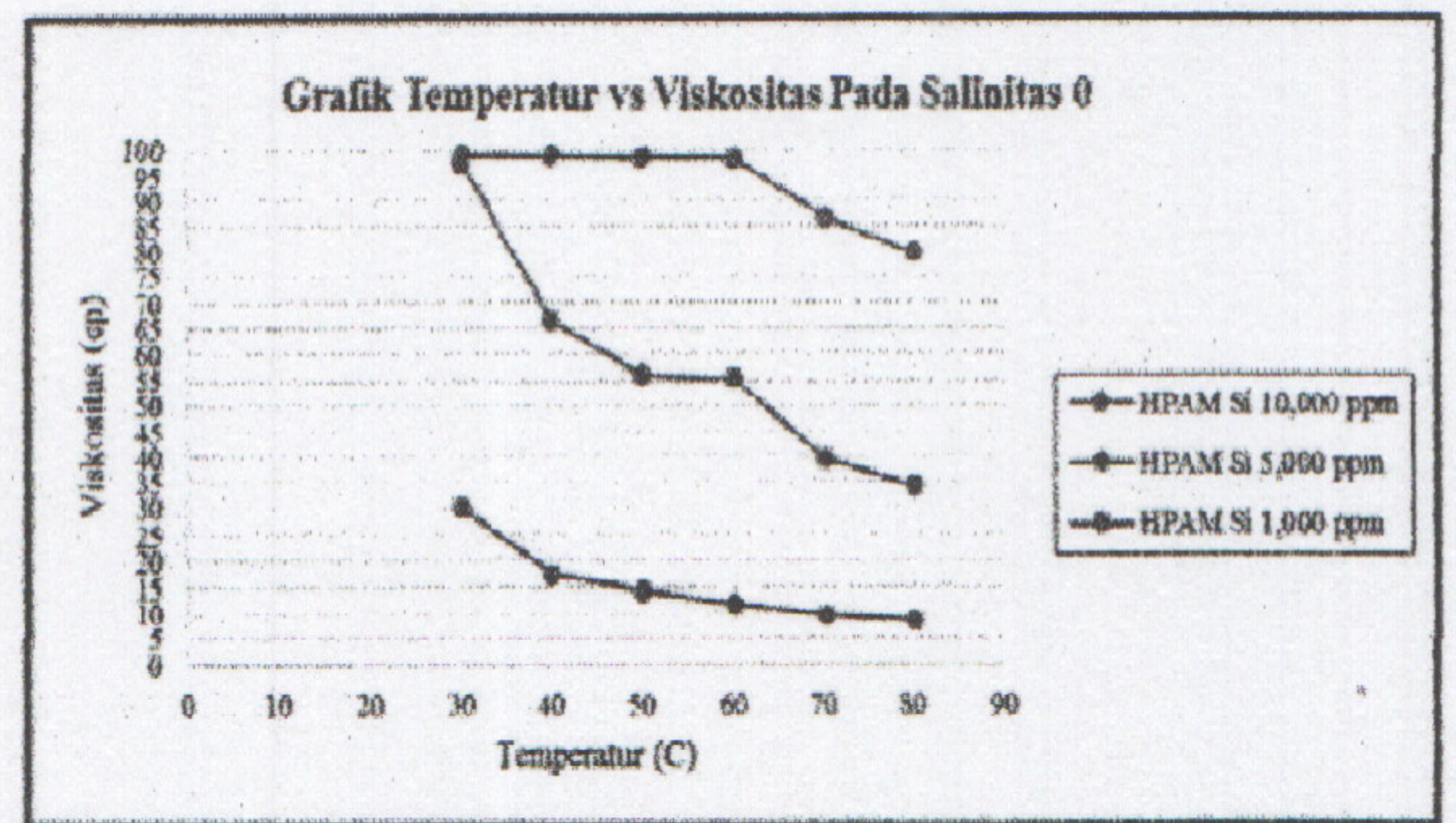
Gambar 15.
Viskositas HPAM pada Salinitas 0



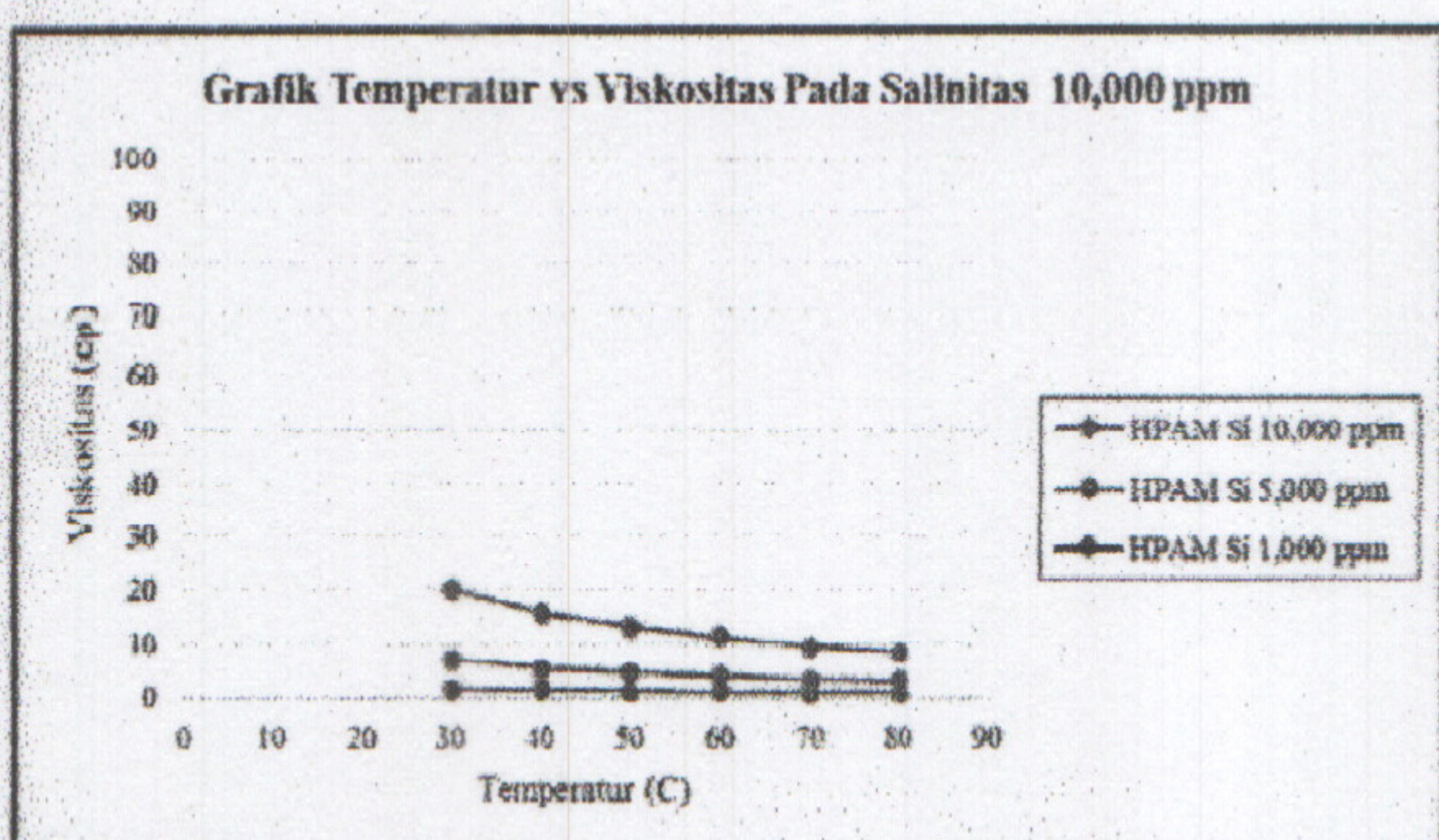
Gambar 16.
Viskositas HPAM pada Salinitas 10,000 ppm



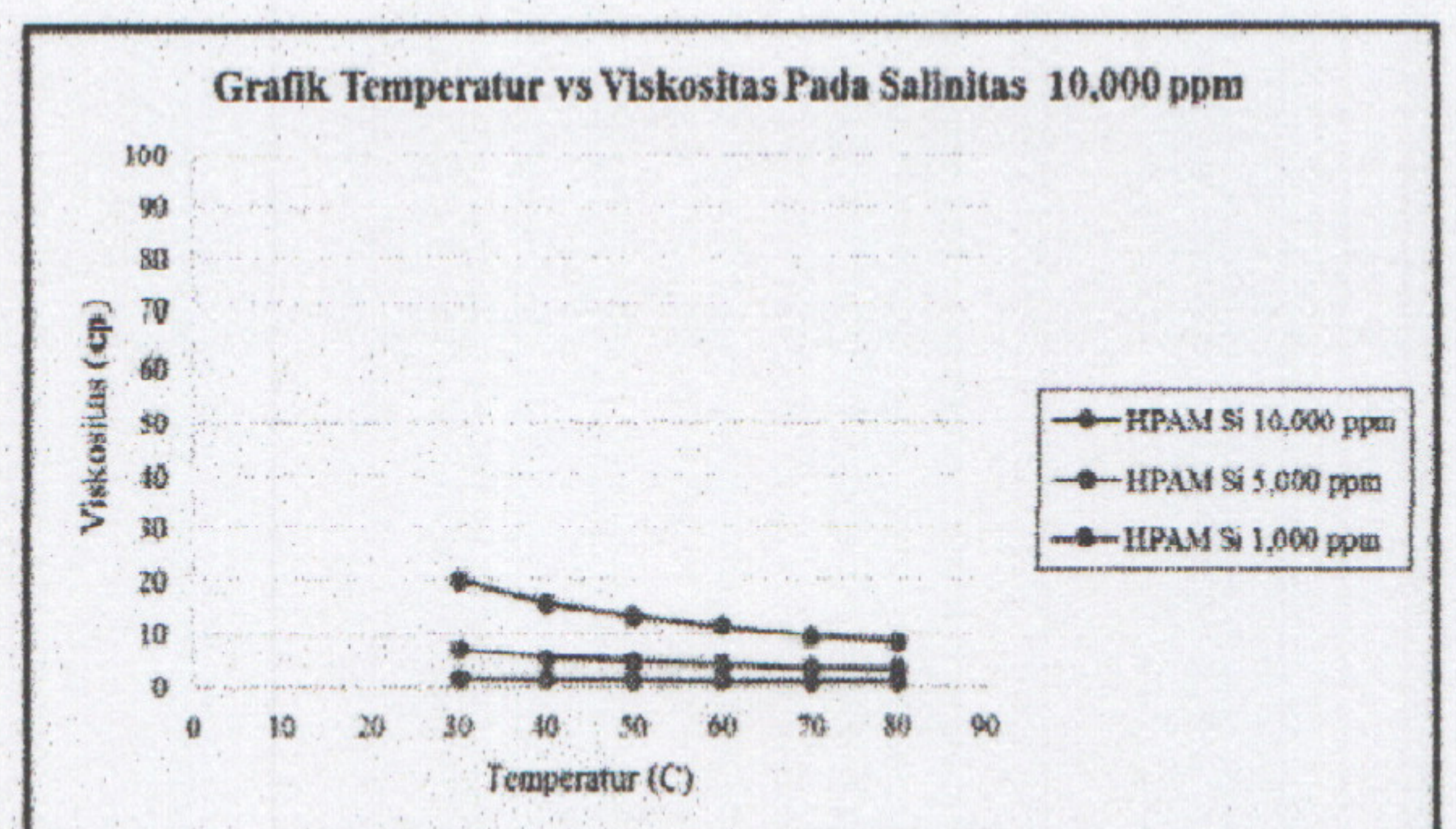
Gambar 17.
Viskositas HPAM pada Salinitas 30,000 ppm



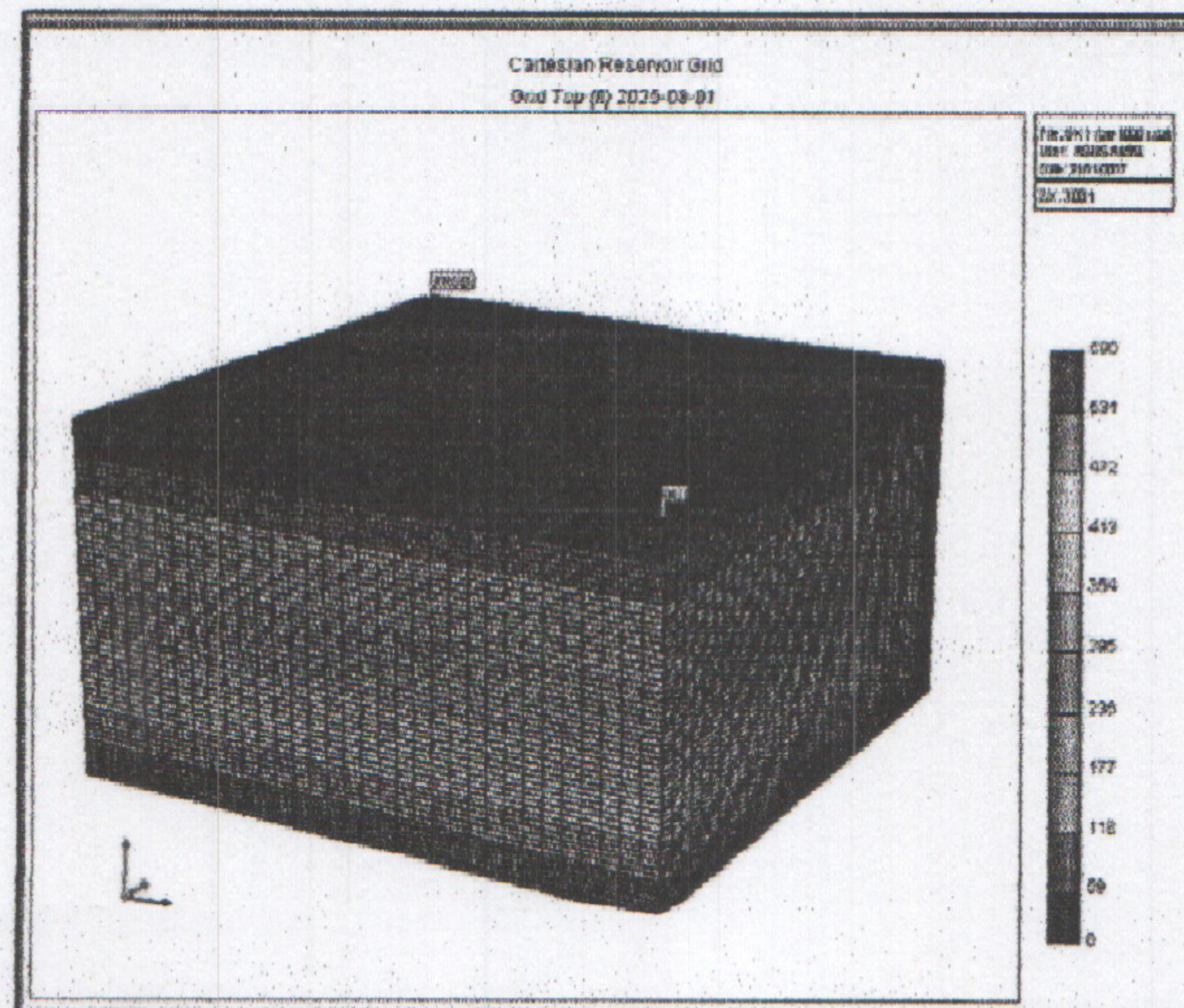
Gambar 18.
Viskositas HPAMSi pada Salinitas 0



Gambar 19.
Viskositas HPAMSi pada Salinitas 10,000



Gambar 20.
Viskositas HPAMSi pada Salinitas 30,000



Gambar 21. Model 3 Dimensi Horizontal

Tabel 1. Kriteria Pemilihan Injeksi Polimer
 (Lemigas, 1994)

Parameter Reservoir	Kriteria	Parameter Reservoir	Kriteria
Jenis Batuan	<i>Sandstone</i> atau <i>limestone</i>	Salinitas (ppm)	< 50000
Kedalaman (ft)	< 9000	Permeabilitas rata-rata (mD)	> 40
Temperatur reservoir (°F)	< 200	Porositas rata-rata (%)	20
Viskositas minyak (cp)	< 200	Saturasi minyak rata-rata (%)	> 40
Gravity (°API)	> 25	Wetabilitas	<i>Water wet</i>

Tabel 2. Data Sifat Fisik Batuan Reservoir

Parameter	Nilai
Pr (psia)	3137 @ 4300 ft
Tr (°F)	132
Φ (%)	10
K (mD)	45
WOC (ft)	4500

Tabel 3. Data Sifat Fisik Fluida Reservoir

Parameter	Nilai
Viskositas Minyak (cp)	0.35
Viskositas Air (cp)	0.51
<i>Oil Gravity</i> (API)	41
Densitas Minyak (lb/ft ³)	52.3
Densitas Air (lb/ft ³)	62.3
Sw (fraksi)	0.21

Tabel 4.

(a) Tabulasi Data Saturasi Air dan Permeabilitas Relatif Sistem *Water-Oil*

Sw (fraksi)	krw (fraksi)	kro (fraksi)
0.21	0	0.86
0.244375	0.0305123	0.686117
0.27875	0.0700989	0.538923
0.313125	0.11403	0.415796
0.3475	0.161045	0.314205
0.381875	0.210494	0.231714
0.41625	0.261973	0.165989
0.450625	0.315205	0.114796
0.485	0.369984	0.076014
0.519375	0.426153	0.0476345
0.55375	0.483587	0.027772
0.588125	0.542183	0.0146715
0.6225	0.601856	0.00671875
0.656875	0.662532	0.00245473
0.69125	0.72415	0.000593859
0.725625	0.786655	0.0000525
0.76	0.85	0

(b) Tabulasi Data Saturasi Air dan Tekanan Kapiler

Sw (fraksi)	Pe (psi)
0.21	145
0.244375	118.54839
0.27875	94.41129
0.313125	75.233871
0.3475	56.387097
0.381875	41.177419
0.41625	30.156682
0.450625	21.008065
0.485	15.056452
0.519375	9.4354839
0.55375	6.4596774
0.588125	3.483871
0.6225	2.8225806
0.656875	2.4919355
0.69125	1.6705069
0.725625	1.0023041
0.76	0

Tabel 6. Hasil Prediksi Skenario Model Simulasi Reservoir Pada Berbagai Laju Injeksi

Scenario	PV	Cp (ppm)	μ (cp)	Np (STB)	RF Prediksi(%)	Penambahan RF (%)	Laju injeksi (bbl/day)
Skenario 1 (Injeksi Air)							1,000
1 A	0	0	0.51	21,002,000	18.0275	12.8659	
Skenario 2 (Injeksi Polimer HPAM)							5,000
2 Ax	0.16	1,000	0.82	21,192,176	18.1907	13.0291	
2 Ay	0.16	5,000	2.62	21,750,940	18.6703	13.5087	
2 Az	0.16	10,000	6.75	22,165,042	19.0258	13.8642	
Skenario 3 (Injeksi Polimer HPAM Si)							5,000
3 Ax	0.16	1,000	1.12	21,334,150	18.3126	13.1510	
3 Ay	0.16	5,000	3.97	21,945,978	18.8377	13.6761	
3 Az	0.16	10,000	11.4	22,299,586	19.1413	13.9797	5,000
Skenario 1 (Injeksi Air)							
1 B	0	0	0.51	37,858,000	32.4961	27.3345	

Skenario 2 (Injeksi Polimer HPAM)							
2 Bx	0.8	1,000	0.82	40,870,380	35.0819	29.9203	
2 By	0.8	5,000	2.62	48,366,764	41.5165	36.3549	
2 Bz	0.8	10,000	6.75	54,167,284	46.4955	41.3339	
Skenario 3 (Injeksi Polimer HPAM Si)							
3 Bx	0.8	1,000	1.12	42,899,840	36.8239	31.6623	
3 By	0.8	5,000	3.97	50,948,120	43.7323	38.5707	
3 Bz	0.8	10,000	11.4	56,417,896	48.4274	43.2658	
Skenario 1 (Injeksi Air)							9,000
1 C	0	0	0.51	41,721,000	35.8120	30.6504	
Skenario 2 (Injeksi Polimer HPAM)							
2 Cx	1.44	1,000	0.82	44,084,524	37.8408	32.6792	
2 Cy	1.44	5,000	2.62	44,084,524	40.2532	35.0916	
2 Cz	1.44	10,000	6.75	47,177,848	40.4960	35.3344	
Skenario 3 (Injeksi Polimer HPAM Si)							
3 Cx	1.44	1,000	1.12	45,273,864	38.8617	33.7001	
3 Cy	1.44	5,000	3.97	47,095,716	40.4255	35.2639	
3 Cz	1.44	10,000	11.4	47,418,760	40.7028	35.5412	
Skenario 1 (Injeksi Air)							11,000
1 D	0	0	0.51	42,505,000	36.4850	31.3234	
Skenario 2 (Injeksi Polimer HPAM)							
2 Dx	1.76	1,000	0.82	44,291,396	38.0184	32.8568	
2 Dy	1.76	5,000	2.62	44,843,904	38.4926	33.3310	
2 Dz	1.76	10,000	6.75	43,201,584	37.0829	31.9213	
Skenario 3 (Injeksi Polimer HPAM Si)							
3 Dx	1.76	1,000	1.12	44,893,988	38.5356	33.3740	
3 Dy	1.76	5,000	3.97	44,164,372	37.9093	32.7477	
3 Dz	1.76	10,000	11.4	42,956,004	36.8721	31.7105	