

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini telah dihasilkan homopolimer emulsi polistirena yang berwarna putih susu atau *milky* seperti terlihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Hasil polimer emulsi polistirena

Untuk membuktikan bahwa telah terjadi proses polimerisasi maka dilakukan beberapa karakterisasi. Karakterisasi awal yang dilakukan adalah pengukuran kandungan padatan atau *solid content* yang nantinya akan dinyatakan sebagai persen konversi dimana semakin tinggi persen konversi yang dihasilkan, maka semakin banyak monomer stirena yang terpolimerisasi menjadi homopolimer polistirena. Karakterisasi yang kedua adalah pengukuran viskositas menggunakan alat viskometer. Karakterisasi yang ketiga meliputi pengukuran terhadap ukuran partikel, distribusi ukuran

partikel, BM rata-rata dan indeks polidispersitas. Sedangkan karakterisasi yang keempat adalah analisa gugus fungsi menggunakan alat FTIR yang bertujuan untuk mengetahui suatu proses polimerisasi berlangsung sempurna atau tidak dan karakterisasi suhu transisi gelas (T_g) menggunakan alat DSC yang bertujuan untuk mengetahui jenis homopolimer polistirena yang terbentuk (sindiotaktik, isotaktik, ataktik). Pada Tabel 4.1 dapat dilihat data umum hasil polimerisasi yang meliputi nilai persen konversi, viskositas, ukuran partikel, berat molekul dan indeks polidispersitas (PDI).

Tabel 4.1 Data keseluruhan hasil polimerisasi

Formula	Persen Konversi	Viskositas (mPa.s)	Ukuran Partikel (nm)	BM	PDI
0.1% APS, 1 CMC, 17%	74,45%	87.5	-	-	-
0.1% APS, 1 CMC, 23%	-	-	-	-	-
0.1% APS, 1 CMC, 29%	-	-	-	-	-
0.1% APS, 1 CMC, 35%	-	-	-	-	-
0.4% APS, 1 CMC, 17%	89,66%	87.5	-	-	-
0.4% APS, 1 CMC, 23%	93.23%	75	81.61	23425.2	0.067
0.4% APS, 1 CMC, 29%	93.32%	50	-	-	-
0.4% APS, 1 CMC, 35%	90.16%	50	-	-	-
0.4% APS, 2 CMC, 17%	89.68%	75	-	-	-
0.4% APS, 2 CMC, 23%	98.88%	75	82.14	24319.5	0.056
0.4% APS, 2 CMC, 29%	94.55%	75	-	-	-
0.4% APS, 2 CMC, 35%	93.46%	50	74.44	19301.0	0.033

0.4% APS, 3 CMC, 17%	97.54%	62.5	-	-	-
0.4% APS, 3 CMC, 23%	98.43%	62.5	64.03	12993.2	0.057
0.4% APS, 3 CMC, 29%	95.62%	87.5	-	-	-
0.4% APS, 3 CMC, 35%	87.97%	100	-	-	-
0.4% APS, 4 CMC, 17%	107.26%	87.5	-	-	-
0.4% APS, 4 CMC, 23%	96.14%	62.5	62.07	12049.9	0.076
0.4% APS, 4 CMC, 29%	98.06%	75	-	-	-
0.4% APS, 4 CMC, 35%	96.63%	62.5	-	-	-
0.4% APS, 5 CMC, 17%	71.96%	75	-	-	-
0.4% APS, 5 CMC, 23%	77.54%	50	124.1	63522.8	0112
0.4% APS, 5 CMC, 29%	80.45%	50	-	-	-
0.4% APS, 5 CMC, 35%	85.42%	75	-	-	-
1% APS, 2 CMC, 35%	99.54%	100	133.5	64328.2	0.005

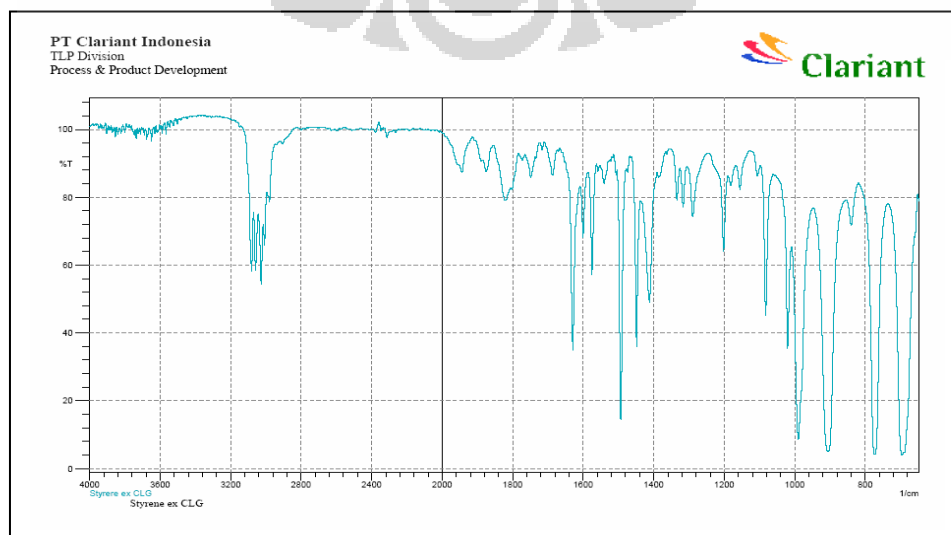
Pada tabel 4.1 dapat diamati bahwa untuk formula 0.1% APS, 1 CMC, 17% monomer terjadi proses polimerisasi secara sempurna karena dihasilkan larutan putih susu yang satu fasa dan emulsi yang dihasilkan bersifat stabil sedangkan untuk formula 0.1% APS, 1 CMC, 23% monomer; 0.1% APS, 1 CMC, 29% monomer dan formula 0.1% APS, 1 CMC, 35% monomer tidak terjadi proses polimerisasi secara sempurna karena tidak dihasilkan larutan putih susu yang satu fasa oleh karena itu, untuk ketiga formula ini tidak dapat dilakukan karakterisasi terhadap nilai persen konversi, viskositas, ukuran partikel, berat molekul dan nilai indeks polidispersitas (PDI). Untuk formula

0.4% APS, 1 CMC, 17% monomer dimana jumlah konsentrasi inisiator ditingkatkan dari 0.1% menjadi 0.4% telah terjadi polimerisasi sempurna dengan nilai persen konversi yang dihasilkan juga lebih baik yakni 89.66% serta emulsi yang dihasilkan pun bersifat stabil. Hal ini dikarenakan pada konsentrasi inisiator 0,1% jumlah inisiator yang dipergunakan tidak mencukupi, sehingga masih ada monomer-monomer yang tidak mengalami reaksi polimerisasi. Dengan jumlah konsentrasi inisiator yang ditingkatkan menjadi 0,4% maka jumlah inisiator yang ada mencukupi untuk mempolimerisasi monomer yang ada. Secara umum dari hasil polimerisasi untuk hampir semua formula yang ada pada Tabel 4.1 telah terjadi polimerisasi sempurna dan dihasilkan emulsi yang stabil. Khusus untuk 23% monomer, APS 0.4% dengan variasi konsentrasi surfaktan 1 CMC, 2 CMC, 3 CMC, 4 CMC, 5 CMC dan formula 1% APS, 2 CMC, 35% monomer serta formula 0,4% APS, 2 CMC, 35% monomer dilakukan pengukuran ukuran partikel, distribusi ukuran partikel, berat molekul dan indeks polidispersitas. Dengan demikian untuk 23% monomer, APS 0.4% dengan variasi konsentrasi surfaktan 1 CMC, 2 CMC, 3 CMC, 4 CMC, 5 CMC dan formula 1% APS, 2 CMC, 35% monomer serta formula 0,4% APS, 2 CMC, 35% monomer dapat diketahui kalau polimer emulsi yang dihasilkan bersifat monodispers kecuali untuk formula 0.4% APS, 5 CMC, 23% monomer dimana polimer emulsi polistirena yang dihasilkan bersifat bimodal atau tidak monodispers. Dari Tabel 4.1 dapat dilihat bahwa formula **1% APS, 2 CMC,**

35% monomer telah dihasilkan polimer emulsi polistirena yang memiliki **ukuran partikel paling optimum yakni 133.5 nm dan bersifat monodispers.**

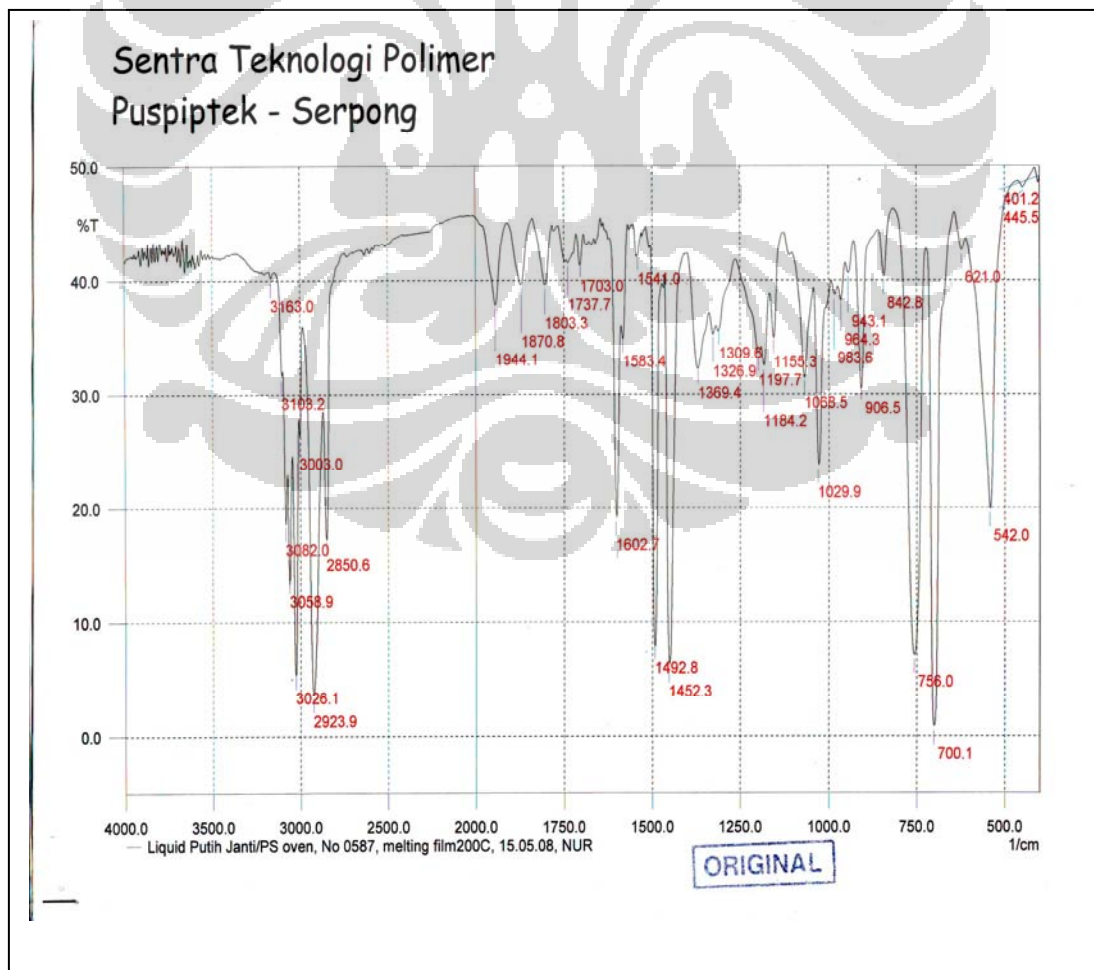
Untuk membuktikan bahwa telah terjadi proses polimerisasi monomer stirena menjadi homopolimer polistirena maka dilakukan karakterisasi gugus fungsi menggunakan alat FTIR dan karakterisasi temperatur transisi gelas (T_g) dengan menggunakan alat DSC. Karakterisasi gugus fungsi polimer dilakukan pada formula 35% monomer, SLS 2 CMC, APS 1% karena pada formula ini didapatkan ukuran partikel yang paling optimum yakni 133,5 nm. Spektrum homopolimer polistirena pada penelitian ini akan dianalisa dengan membandingkan spektrum hasil penelitian dengan spektrum standar dari monomer stirena dan polimer polistirena. Adapun tujuan dari pengukuran menggunakan FTIR adalah untuk meyakinkan bahwa memang telah terjadi polimerisasi dari monomer stirena menjadi homopolimer polistirena.

Gambar 4.2 Spektrum standar dari monomer stirena



Spektrum standar monomer stirena pada Gambar 4.2 dan spektrum standar homopolimer polistirena (pada lampiran 3) akan dibandingkan dengan spektrum sampel polistirena dari formula 35% monomer, SLS 2 CMC, APS 1% untuk mengetahui kalau telah terjadi proses polimerisasi dari monomer stirena menjadi homopolimer polistirena. Pada Gambar 4.3 dapat dilihat spektrum sampel polistirena dari formula 35% monomer, SLS 2 CMC, APS 1%.

Gambar 4.3 Spektrum dari homopolimer polistirena sampel

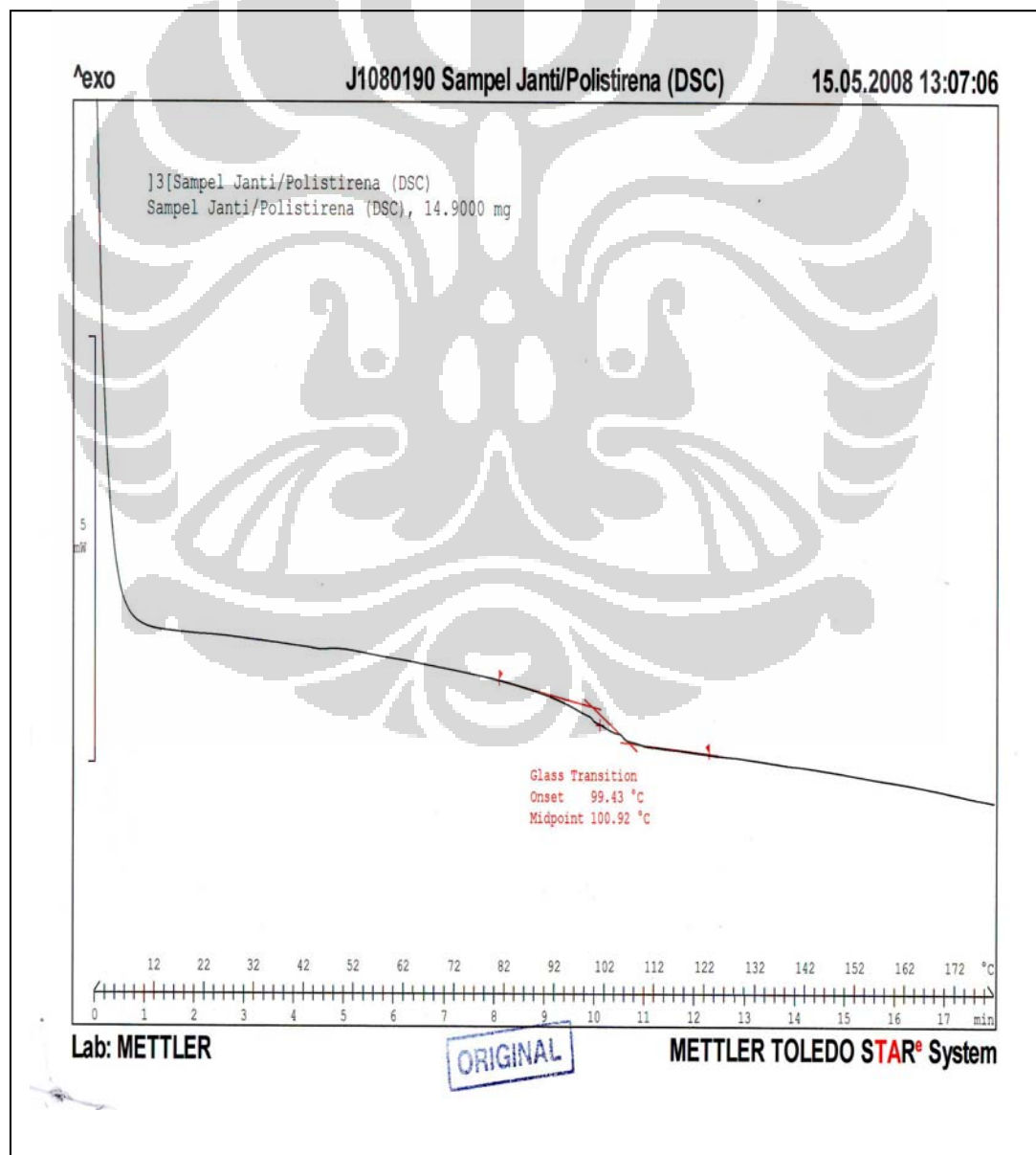


Pada spektrum FTIR sampel pada Gambar 4.3 terlihat adanya peak yang kuat dan tajam pada panjang gelombang 3026.1-2923.9 1/cm. Panjang gelombang ini menandakan adanya gugus -CH_2 dan gugus -CH . Adanya gugus ini menunjukkan kalau gugus $\text{-CH}_2=\text{C-H}$ aromatik monosubstituen, ikatan rangkap pada gugus $\text{CH}_2=\text{C-H}$ telah putus menjadi gugus $\text{CH}_2\text{-CH-}$. Pada spektra sampel juga tidak terlihat adanya peak pada panjang gelombang 995-985, 915-905 1/cm yang bersifat kuat yang menunjukkan adanya kehadiran gugus $\text{CH}_2=\text{C-H}$. Selain itu, pada spektra sampel juga terlihat adanya peak pada panjang gelombang 1602.7 1/cm yang bersifat medium-weak yang menandakan adanya gugus benzena atau aromatik. Dengan kehadiran peak-peak tersebut menunjukkan bahwa telah terjadi polimerisasi dari monomer stirena menjadi polimer polistirena.

Karakterisasi termal menggunakan DSC juga dilakukan hanya pada formula 35% monomer, APS 1%, SLS 2 CMC. Pengukuran menggunakan DSC dilakukan untuk mengetahui temperatur transisi gelas (T_g) dari polimer yang dihasilkan. Setiap monomer ataupun polimer, baik itu polistirena, butil akrilat ataupun polimer lainnya memiliki suhu transisi gelas yang berbeda dan khas untuk masing-masing polimer. Oleh karena itu dengan dilakukan karakterisasi dengan DSC maka dapat diketahui jenis polimer yang dihasilkan dan dapat pula diketahui susunan rantai polimer tersebut (sindiotaktik, ataktik, isotaktik).

Dari nilai temperatur transisi gelas yang diperoleh dari kurva DSC pada Gambar 4.4 diperoleh nilai temperatur transisi gelas (T_g) sebesar 100.92°C atau sekitar $372,92\text{ K}$.

Gambar 4.4 Kurva DSC untuk temperatur transisi gelas (T_g) dari sampel homopolimer polistirena



Untuk temperatur transisi gelas (T_g) teoritis polistirena pada berbagai taksisitas dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Data T_g teoritis pada berbagai taksisitas^[10]

Taksisitas	T_g (K)
Ataktik	373
Isotaktik	373
Sulfonated Sindiotaktik	433-463

Dilihat dari data pada Tabel 4.2 dan dibandingkan dengan nilai T_g yang diperoleh pada kurva DSC, terbukti bahwa polimer yang dihasilkan dari formula 35% monomer, APS 1%, SLS 2 CMC merupakan polistirena dengan taksisitas berupa ataktik atau isotaktik.

4.1 Hubungan Konsentrasi Inisiator dengan Persen Konversi, Viskositas, Berat Molekul, Indeks Polidispersitas dan Ukuran Partikel

Persen konversi merupakan nilai yang didapat dengan cara membandingkan nilai kandungan padatan atau *solid content* percobaan dengan nilai kandungan padatan teoritis. Kandungan padatan adalah banyaknya polimer yang terbentuk sehingga berkaitan erat dengan monomer sisa karena monomer sisa menunjukkan jumlah monomer yang tidak

terpolimerisasi selama reaksi. Kandungan padatan teoritis didapatkan dengan cara membandingkan total dari monomer, surfaktan, inisiator dan KOH dengan berat total sampel sedangkan kandungan padatan percobaan didapatkan dengan cara membandingkan berat polimer setelah dikeringkan dengan berat polimer sebelum dikeringkan. Data pada Tabel 4.3 merupakan data pengamatan untuk hubungan konsentrasi inisiator dengan persen konversi, viskositas, berat molekul, indeks polidispersitas dan ukuran partikel. Dari Tabel 4.3 dapat diamati bahwa dengan semakin meningkatnya konsentrasi inisiator yang dipergunakan maka persen konversi, viskositas berat molekul dan ukuran partikel yang dihasilkan pun semakin besar selain itu indeks polidispersitas yang dihasilkan semakin menurun seiring peningkatan konsentrasi inisiator. Penurunan indeks polidispersitas menunjukkan kalau ukuran partikel yang terbentuk semakin seragam.

Tabel 4.3 Hubungan konsentrasi inisiator dengan persen konversi, viskositas, berat molekul, indeks polidispersitas dan ukuran partikel.

Formula	Persen Konversi	Viskositas	Berat Molekul	Indeks Polidispersitas	Ukuran Partikel (nm)
35% monomer, SLS 2 CMC, APS 0,4%	89,66%	50	19301,0	0,033	74,44
35% monomer, SLS 2 CMC, APS 1%	99,54%	100	64328,2	0,005	133,5

Adanya peningkatan persen konversi seperti terlihat pada Tabel 4.3 dikarenakan dengan meningkatnya jumlah inisiator maka jumlah radikal bebas yang terbentuk akan semakin banyak sehingga jumlah radikal bebas yang tersedia untuk tahap inisiasi akan lebih banyak akibatnya kecepatan inisiasi saat konsentrasi inisiator 1% akan jadi lebih cepat karena kecepatan inisiasi yang lebih cepat maka laju polimerisasi nya pun akan lebih cepat. Laju polimerisasi yang cepat berarti jumlah monomer yang terpolimerisasi atau terkonversi menjadi polimer meningkat dengan demikian akan meningkatkan persen konversi yang dihasilkan. Data yang diperoleh ini sesuai dengan teori dimana Capek^[11] menyatakan bahwa laju polimerisasi meningkat seiring dengan kenaikan konsentrasi inisiator. Peningkatan laju polimerisasi tersebut dapat meningkatkan kandungan padatan polimer yang dihasilkan, hal ini menandakan tingginya persen konversi polimerisasi.

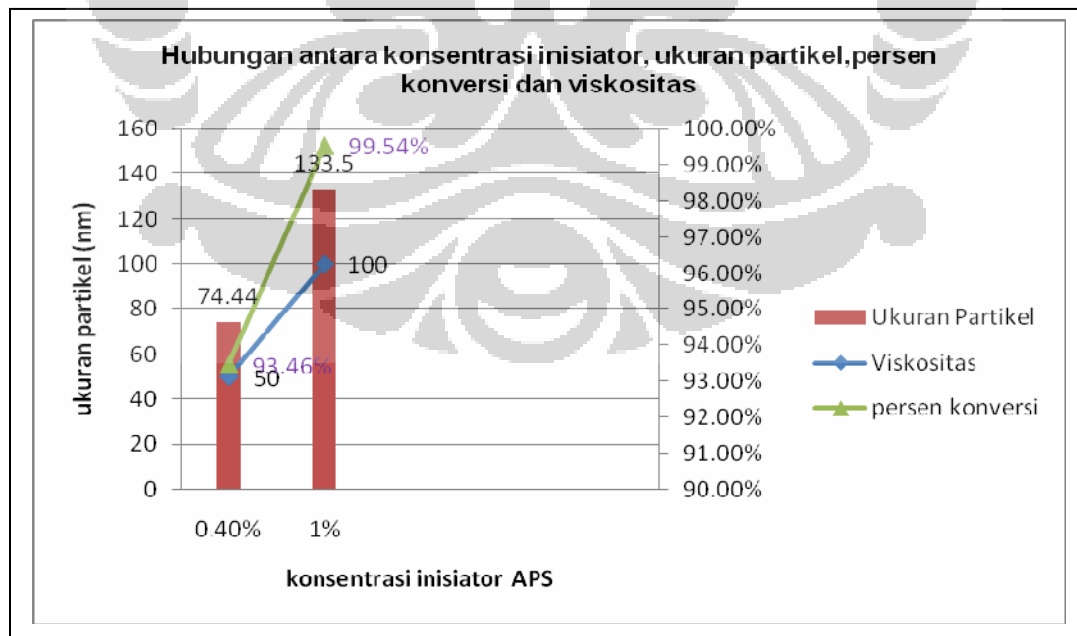
Dari data pada Tabel 4.3 diperoleh data bahwa pada formula 35% monomer, SLS 2 CMC, APS 0,4% ukuran partikel yang dihasilkan sebesar 74,44 nm sedang pada formula 35% monomer, SLS 2 CMC, APS 1% ukuran partikel yang dihasilkan sebesar 133,5 nm. Dari data ini terlihat bahwa penambahan konsentrasi inisiator APS dapat meningkatkan ukuran partikel yang dihasilkan.

Kecilnya ukuran partikel pada formula 35% monomer, SLS 2 CMC, APS 0.4% dikarenakan jumlah inisiator yang dipergunakan sedikit akibatnya

jumlah radikal yang dihasilkan sedikit. Dengan jumlah radikal yang sedikit maka jumlah inti-inti yang terbentuk pada tahap inisiasi pun akan sedikit. Jumlah inti-inti yang terbentuk sedikit sedangkan jumlah monomer yang dipergunakan banyak akibatnya tahap perpanjangan rantai atau laju propagasinya akan jadi lebih lambat sedangkan waktu terminasi dari radikal APS cepat. Karena ketidak seimbangan antara laju propagasi dengan laju terminasi dimana laju terminasi jauh lebih cepat, maka jumlah monomer yang terpolimerisasi akan jadi lebih sedikit akibatnya ukuran partikel yang dihasilkan kecil.

Ukuran partikel yang dihasilkan untuk formula 35% monomer, SLS 2 CMC, APS 1% relatif besar yakni 133.5 nm dikarenakan jumlah radikal yang dihasilkan lebih banyak, maka inti-inti yang terbentuk pada tahap inisiasi akan lebih banyak. Dengan banyaknya inti yang terbentuk dan jumlah monomer yang sama maka tahap perpanjangan rantai atau laju propagasinya akan jauh lebih cepat sehingga lebih banyak monomer yang terpolimerisasi. Walaupun laju terminasi dari radikal APS cepat namun melihat dari data ukuran partikel yang dihasilkan maka dapat disimpulkan kalau laju propagasi yang terjadi jauh lebih cepat dibandingkan dengan laju terminasi. Hal ini didukung pula oleh data persen konversi dimana didapatkan nilai persen konversi yang sangat tinggi sebesar 99.54% yang menunjukkan bahwa hampir semua monomer yang ada telah terpolimerisasi menjadi polistirena.

Konsentrasi inisiator juga meningkatkan viskositas polimer. Kenaikan ini disebabkan karena dengan semakin banyak inisiator yang ditambahkan maka radikal yang terbentuk akan semakin banyak. Dengan jumlah monomer yang sama maka kecepatan polimerisasi pada inisiator 1% akan jauh lebih cepat yang akhirnya menyebabkan ukuran partikel yang dihasilkan menjadi besar. Ukuran partikel polimer menggambarkan besarnya polimer yang terbentuk. Semakin besar ukuran partikel polimer yang terbentuk, maka belitan antar rantai akan semakin kompleks dan kuat sehingga menyebabkan peningkatan viskositas pada polimer emulsi. Pada Gambar 4.5 dapat dilihat hubungan antara konsentrasi inisiator dengan persen konversi, viskositas, berat molekul, indeks polidispersitas dan ukuran partikel.



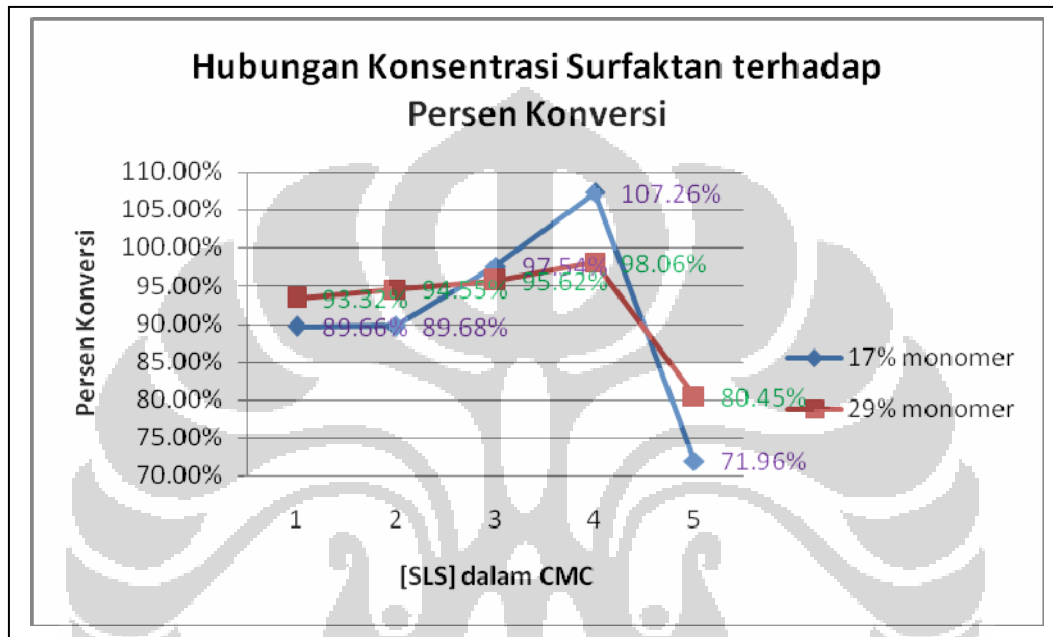
Gambar 4.5 Hubungan konsentrasi inisiator, persen konversi, ukuran partikel dan viskositas

4.2 Hubungan Konsentrasi Surfaktan dengan Persen Konversi, Viskositas, Berat Molekul, Indeks Polidispersitas dan Ukuran Partikel

Pada penelitian ini dilakukan variasi terhadap konsentrasi surfaktan SLS yakni 1 CMC, 2 CMC, 3 CMC, 4 CMC dan 5 CMC dimana masing-masing konsentrasi surfaktan dilakukan lagi variasi terhadap konsentrasi monomer stirena yakni 17%, 23%, 29%, 35% dengan konsentrasi inisiator APS tetap yakni 0,4%.

Peningkatan jumlah konsentrasi surfaktan dapat meningkatkan persen konversi dikarenakan dengan ditingkatkannya konsentrasi surfaktan maka jumlah misel yang terbentuk juga akan meningkat, yang berarti banyak tempat untuk terjadi reaksi polimerisasi. Dengan semakin banyak tempat untuk reaksi, maka jumlah radikal monomer dan radikal oligomer yang dapat mengalami polimerisasi akan semakin banyak dengan demikian akan menaikkan persen konversi. Hal ini terlihat pada variasi 17% monomer dan variasi 29% monomer. Data yang diperoleh ini sesuai dengan teori atau penelitian yang dilakukan oleh Capek^[11] menyatakan bahwa laju polimerisasi akan meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi surfaktan, laju polimerisasi yang tinggi akan meningkatkan persen konversi sehingga hasil polimerisasi lebih sempurna. Pada Gambar 4.6 dapat dilihat hubungan antara

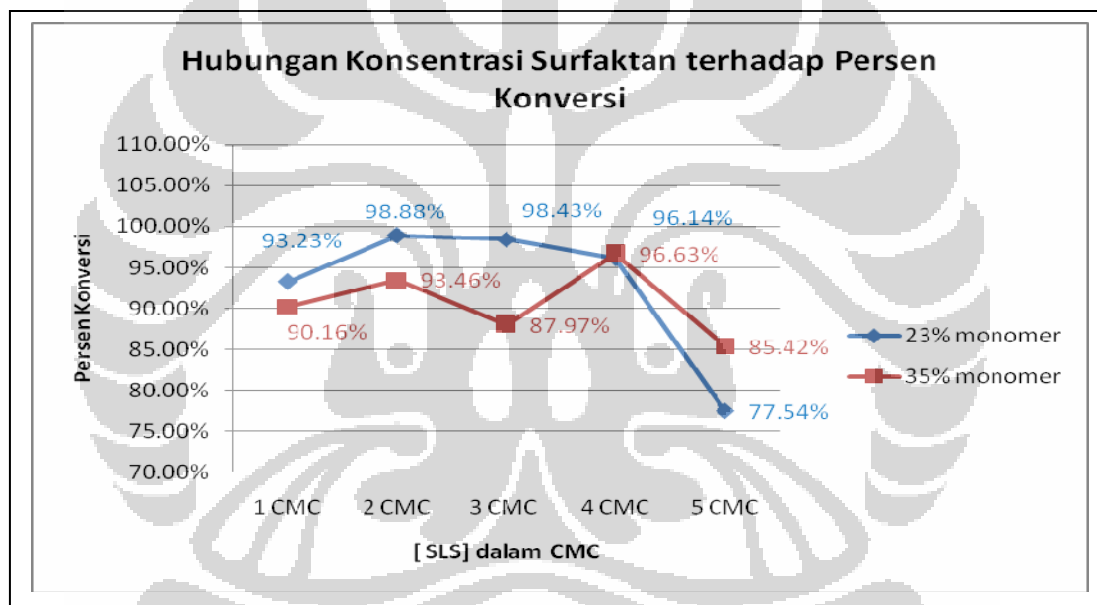
konsentrasi surfaktan dengan persen konversi untuk variasi 17% monomer dan variasi 29% monomer.



Gambar 4.6 Hubungan antara konsentrasi surfaktan dengan persen konversi untuk variasi 17% monomer dan variasi 29% monomer.

Untuk variasi 23% monomer dan 35% monomer terlihat adanya perbedaan dimana persen konversi tidak meningkat seiring peningkatan konsentrasi surfaktan. Untuk variasi 23% monomer terlihat adanya nilai persen konversi yang optimum pada konsentrasi surfaktan 2 CMC sesudah itu kemudian menurun dan untuk variasi 35% terlihat adanya penurunan pada konsentrasi surfaktan 3 CMC. Penurunan nilai persen konversi pada konsentrasi surfaktan 3 CMC baik untuk variasi 23% dan 35% monomer dikarenakan oligomer yang ada didalam misel mengalami propagasi yang

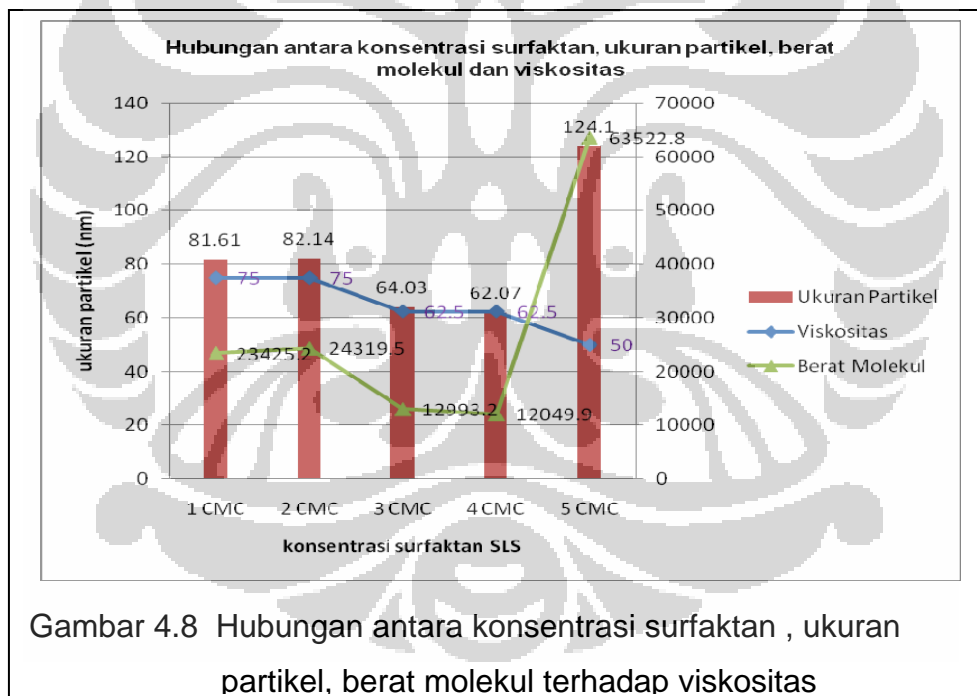
terlalu cepat hingga melebihi kapasitas dari misel tersebut sehingga menyebabkan misel tersebut pecah. Akhirnya oligomer tersebut akan berpropagasi diluar misel yang bila dibiarkan lama-lama menjadi tidak stabil dan membentuk grid yang akhirnya menurunkan persen konversi. Hubungan antara konsentrasi surfaktan dengan persen konversi untuk variasi 23% monomer dan variasi 35% monomer dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Hubungan konsentrasi surfaktan dengan persen konversi untuk variasi 23% monomer dan variasi 35% monomer

Dilihat dari data persen konversi untuk berbagai konsentrasi surfaktan (1-5 CMC) dan konsentrasi monomer (17%-35%) dengan konsentrasi inisiator yang tetap yakni 0.4%, maka diperoleh bahwa nilai persen konversi yang optimum atau mendekati optimum berada pada 23% monomer dengan berbagai variasi konsentrasi surfakatan. Dengan nilai persen konversi yang

optimum (>95%), itu berarti hampir semua monomer stirena terpolimerisasi menjadi homopolimer polistirena. Dengan demikian diharapkan ukuran partikel yang dihasilkan dapat mencapai ukuran 100-200 nm. Oleh karena itu, maka pengukuran ukuran partikel dilakukan pada formula 23% monomer, APS 0.4% dan dengan konsentrasi surfaktan 1-5 CMC. Pada Gambar 4.8 dapat dilihat hubungan antara konsentrasi surfaktan dengan ukuran partikel, berat molekul dan viskositas.



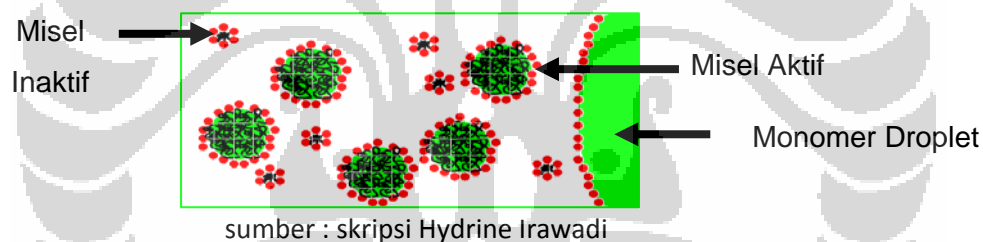
Pada Gambar 4.8 dapat dilihat bahwa kenaikan konsentrasi surfaktan cenderung menurunkan ukuran partikel yang dihasilkan kecuali pada konsentrasi surfaktan 5 CMC dimana ukuran partikel yang didapat jauh lebih besar namun bersifat bimodal atau polidispers. Surfaktan mempunyai

peran penting dalam penentuan ukuran partikel yang diinginkan, karena ketika dilarutkan dalam media air, surfaktan akan beragregat membentuk misel yang akan menjadi tempat terjadinya polimerisasi dan menentukan ukuran partikel yang dihasilkan^[13], semakin banyaknya konsentrasi surfaktan yang digunakan maka akan semakin banyak misel yang dihasilkan. Misel merupakan tempat dimana terjadinya reaksi polimerisasi sehingga apabila jumlah misel yang dihasilkan banyak maka monomer-monomer yang akan berpolimerisasi akan terdistribusi ke sejumlah misel-misel tersebut dengan begitu setiap misel akan mendapat sejumlah sedikit monomer untuk bereaksi membentuk polistirena akibatnya ukuran partikel yang dihasilkan pun akan lebih kecil dibandingkan dengan konsentrasi surfaktan yang rendah seperti 1 CMC yang mempunyai ukuran partikel 81.61 nm dan 2 CMC yang mempunyai ukuran partikel 82.14 nm. Pada konsentrasi surfaktan 1 CMC dan 2 CMC, misel yang dihasilkan hanya dalam jumlah sedikit sehingga jumlah monomer-monomer yang terdistribusi ke dalam misel akan lebih banyak akibatnya ukuran partikel yang dihasilkan akan lebih besar dibandingkan pada konsentrasi surfaktan 3 CMC dan 4 CMC.

Namun untuk konsentrasi surfaktan 5 CMC terdapat suatu keunikan yakni ukuran partikel yang dihasilkan ternyata jauh lebih besar dibandingkan ukuran partikel yang dihasilkan pada konsentrasi surfaktan 1-4 CMC. Selain ukurannya yang jauh lebih besar, partikel polimer yang terbentuk juga bersifat bimodal atau tidak monodispers. Dikatakan bimodal karena pada grafik

partikel size report (lampiran 8) terlihat adanya dua peak dimana pada peak yang pertama berukuran 124.1 nm sedang peak yang ke dua berukuran 516.5 nm.

Besarnya ukuran partikel pada konsentrasi surfaktan 5 CMC disebabkan oleh timbulnya misel inaktif di dalam system emulsi. Menurut George Odian^[12] di dalam sistem emulsi terdapat 3 jenis partikel yaitu monomer droplet, misel inaktif yang tidak terjadi polimerisasi di dalamnya dan misel aktif yang terjadi polimerisasi di dalamnya.



Gambar 4.9 Tiga jenis partikel dalam polimer emulsi

Misel aktif merupakan misel yang didalamnya mengandung radikal monomer atau radikal oligomer sehingga dapat terjadi proses polimerisasi didalam misel tersebut sedangkan misel inaktif merupakan misel yang didalamnya tidak mengandung radikal monomer atau radikal oligomer. Pada peak yang pertama diperoleh ukuran partikel yang 124.1 nm, ini merupakan peak dari inti primer. Hal yang menyebabkan ukuran partikel pada peak pertama dapat sebesar ini dikarenakan keberadaan dari misel inaktif. Misel inaktif tidak mengandung monomer maupun radikal didalam intinya, oleh

karena itu dengan sendirinya ukuran misel inaktif akan jauh lebih kecil dibandingkan misel aktif. Hal itu akan memberi ruang bagi misel aktif untuk dapat lebih mengembangkan dirinya hingga batas maksimum dari kapasitasnya sehingga jumlah monomer yang dapat masuk kedalam misel akan jauh lebih banyak dengan demikian tahap propagasi didalam misel akan lebih optimal.

Munculnya peak yang ke dua yang berukuran 516.5 nm dikarenakan jumlah oligomer yang masuk kedalam misel terlampaui banyak hingga melebihi kapasitas dari misel akibatnya misel tersebut pecah dan terjadi tahap propagasi diluar misel yang disertai terminasi diluar misel. Selain faktor kapasitas misel, dapat pula dikarenakan radikal yang ada menyerang monomer yang ada di fasa air kemudian membentuk oligomer yang bersifat cukup hidrofob untuk masuk kedalam misel. Apabila oligomer yang telah mencapai panjang rantai maksimum untuk memasuki misel ini kemudian bereaksi kembali sehingga bertambah lagi satu unit monomer pada rantai oligomer maka oligomer tersebut akan menjadi terlalu hidrofob untuk dapat masuk ke dalam misel sehingga propagasi terjadi di luar misel. Panjang rantai maksimum dimana oligomer dapat masuk ke dalam misel disebut rantai kritis. Oligomer yang terlalu hidrofob untuk dapat masuk kedalam misel ini kemudian akan mengalami propagasi diluar misel dan akhirnya terjadi terminasi diluar misel. Rantai oligomer inilah yang terukur dan

menyebabkan partikel polimer yang dihasilkan berukuran besar namun bimodal.

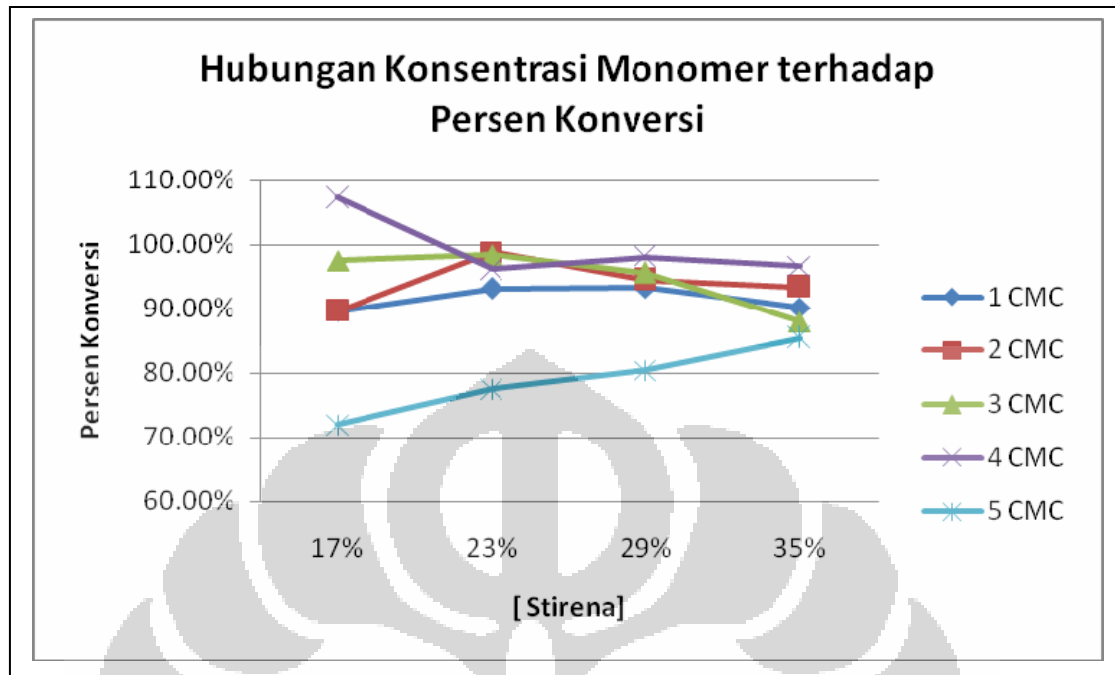
Pada Gambar 4.8 dapat dilihat pula bahwa dengan semakin meningkatnya konsentrasi surfaktan maka viskositas akan semakin menurun. Hal ini dikarenakan peran dari konsentrasi surfaktan terhadap persen konversi, ukuran partikel dan distribusi ukuran partikel yang dihasilkan. Umumnya dengan konsentrasi surfaktan semakin tinggi, maka persen konversi yang dihasilkan akan semakin tinggi pula namun ukuran partikel yang dihasilkan akan semakin kecil. Ukuran partikel polimer menggambarkan besarnya polimer yang terbentuk. Semakin besar ukuran partikel polimer yang terbentuk, maka belitan antar rantai akan semakin kompleks dan kuat sehingga menyebabkan peningkatan viskositas pada polimer emulsi. Hal ini juga diperkuat lagi oleh Braun et.al.^[10] yang menyatakan bahwa berat molekul polimer yang tinggi memiliki viskositas yang besar. Sedangkan untuk konsentrasi surfaktan 5 CMC, walaupun ukuran partikelnya besar namun partikel polimer yang dihasilkan bersifat bimodal.

Selain dari ukuran partikel dan berat molekul, viskositas juga dipengaruhi oleh persen konversi. Persen konversi yang tinggi menandakan tingginya kandungan padatan didalam larutan yang mengakibatkan gesekan dan tumbukan antar partikel padatan di dalam larutan semakin besar sehingga viskositas meningkat. Hal ini terlihat pada konsentrasi surfaktan 2

CMC dimana persen konversinya tertinggi dan viskositasnya juga tinggi, demikian juga pada konsentrasi surfaktan 5 CMC dimana persen konversinya paling rendah dan viskositasnya juga paling rendah. Untuk konsentrasi 1 CMC, 3 CMC dan 4 CMC nilai viskositas yang didapat tidak hanya dapat dilihat dari aspek persen konversinya saja namun harus pula dilihat dari besarnya ukuran partikel yang dihasilkan. Untuk 1 CMC, ukuran partikel yang dihasilkannya merupakan yang tertinggi kedua oleh karena itu nilai viskositasnya pun tinggi. Sedang untuk konsentrasi surfaktan 3CMC dan 4 CMC, ukuran partikel yang dihasilkannya rendah oleh karena itu nilai viskositas yang didapat pun rendah.

4.3 Hubungan Konsentrasi Monomer dengan Persen Konversi, Viskositas, Berat Molekul, Indeks Polidispersitas dan Ukuran Partikel

Pada Gambar 4.10 dapat dilihat hubungan konsentrasi monomer dengan persen konversi. Pada Gambar 4.10 terlihat adanya suatu kecenderungan yang sama untuk konsentrasi surfaktan 1 CMC, 2 CMC dan 3 CMC. Kecenderungan tersebut adalah adanya suatu nilai persen konversi yang optimum pada 23% monomer yang kemudian pada 29% monomer dan 35% monomer menurun.



Gambar 4.10 Hubungan konsentrasi monomer terhadap persen konversi

Hal ini dapat disebabkan karena kurangnya misel yang berfungsi sebagai tempat terjadinya propagasi dikarenakan jumlah surfaktan yang dipergunakan tidak mencukupi sehingga oligomer ada yang berpropagasi diluar misel. Untuk konsentrasi surfaktan 5 CMC, dengan semakin meningkatnya konsentrasi monomer persen konversi yang dihasilkan meningkat pula. Keadaan ini dapat terjadi karena tahap perpanjangan rantai atau propagasi sangat bergantung pada jumlah monomer. Dengan semakin meningkatnya konsentrasi monomer maka laju reaksi akan semakin meningkat pula sehingga untuk satuan waktu feeding yang sama, jumlah monomer yang terkonversi menjadi lebih besar. Peningkatan laju reaksi ini terjadi karena monomer merupakan salah satu faktor yang menentukan laju

reaksi sesuai persamaan^[5] :

$$V = k [\text{monomer}]^x [\text{inisiator}]^y$$

Hal ini pula yang menyebabkan nilai persen konversi pada 17% monomer relatif lebih kecil dibandingkan persen monomer lain yang lebih tinggi. Untuk 23% monomer dan 35% monomer dilakukan pengukuran ukuran partikel yang datanya dapat dilihat pada Tabel 4.4

Tabel 4.4 Hubungan konsentrasi monomer dengan ukuran partikel, berat molekul dan visositas

Formula	Ukuran Partikel (nm)	Berat Molekul	Viskositas
23% monomer , APS 0,4%, SLS 2 CMC	82,14	24319,5	75
35% monomer , APS 0,4%, SLS 2 CMC	74,44	19301,0	50

Dari tabel 4.4 terlihat bahwa dengan semakin banyak konsentrasi monomer yang dipergunakan maka semakin kecil ukuran partikel yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan ketidak seimbangan antara jumlah monomer dengan jumlah misel dan inisiator. Kecilnya ukuran partikel pada 35% monomer dikarenakan jumlah monomer yang dipergunakan tidak sebanding dengan jumlah misel dan inisiator sehingga terjadi dua kemungkinan yang menyebabkan ukuran partikel yang dihasilkan menjadi kecil. Kemungkinan yang pertama, karena jumlah monomer yang terlampau banyak sedangkan

jumlah misel terbatas karena konsentrasi surfaktan yang dipergunakan hanya 2 CMC maka terlampaui banyak monomer yang masuk kedalam misel. Akibat banyaknya oligomer yang masuk, maka laju polimerisasi didalam misel menjadi terlampaui cepat. Karena laju polimerisasi yang terlampaui cepat, maka rantai polimer yang terbentuk akan menjadi terlalu panjang dan besar. Misel mempunyai kapasitas maksimum, ketika rantai yang terbentuk sudah terlampaui panjang dan besar maka misel tidak dapat menampung lagi sehingga misel pun pecah dan terbentuklah grid yang akhirnya menurunkan ukuran partikel yang dihasilkan. Kemungkinan yang kedua adalah karena misel sudah terisi penuh oleh oligomer, maka oligomer yang berlebih tidak akan masuk kedalam misel melainkan berpropagasi diluar misel. Jumlah oligomer yang berpropagasi diluar misel jauh lebih banyak daripada yang berpropagasi didalam misel. Rantai polimer yang terbentuk diluar misel tidak stabil dan akhirnya mengendap. Itulah yang menyebabkan kecilnya ukuran partikel yang terbentuk. Ukuran partikel polimer menggambarkan besarnya polimer yang terbentuk. Semakin besar ukuran partikel polimer yang terbentuk maka ikatan antar rantai akan semakin kompleks dan kuat sehingga mengakibatkan peningkatan viskositas pada polimer emulsi. Hal ini yang menyebabkan viskositas pada 23% monomer lebih tinggi.