

LAMPIRAN



## LAMPIRAN A

### Perhitungan Derajat Substitusi (DS)

#### A.1. Penentuan Derajat Substitusi (DS)

Derajat substitusi dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$DS = \frac{0,162 A}{1 - 0,058 A}$$

#### A.2. Penentuan Harga A Dengan Titration

Miliequivalen asam CMC yang dikonsumsi per gram sampel (A) dapat dicari dengan persamaan :

$$A = \frac{BC - DE}{F}$$

dimana :

- B : mililiter larutan NaOH yang ditambahkan.
- C : normalitas larutan NaOH.
- D : mililiter HCl untuk titrasi kelebihan NaOH.
- E : normalitas HCl.
- F : gram karboksimetil selulosa

### A.3. Contoh Perhitungan

Dari tabel A.1 memperlihatkan volume HCl 0,4 N hasil titrasi pada percobaan sintesa CMC tanpa pengembangan dengan komposisi CMC<sub>1</sub> adalah sebesar 20,6 mL, maka :

$$A = \frac{(25 \text{ mL} \times 0,5 \text{ N}) - (20,6 \text{ mL} \times 0,4 \text{ N})}{1 \text{ g}} = 4,26$$

$$DS = \frac{0,162 \cdot 4,26}{1 - (0,058 \cdot 4,26)} = \frac{0,690}{0,753} = 0,916$$

Harga DS pada komposisi yang lain dapat dicari dengan cara seperti di atas dengan melihat volume HCl 0,4 N hasil titrasi pada tabel A.1.

Tabel A.1. Volume HCl 0,4 N hasil titrasi

CMC <sub>1</sub>	Komposisi pereaksi (%)			Volume HCl 0,4 N (mL)		
	Air	Etanol	2-propanol	I	II	III
CMC <sub>1</sub>	0	0	100	20,6	27,0	26,4
CMC <sub>2</sub>	0	50	50	24,8	26,6	26,8
CMC <sub>3</sub>	10	10	80	25,6	24,4	24,4
CMC <sub>4</sub>	15	10	75	26,1	25,2	24,8
CMC <sub>5</sub>	15	15	70	26,9	24,2	24,0
CMC <sub>6</sub>	20	15	65	27,2	26,1	26,5
CMC <sub>7</sub>	10	20	70	25,8	22,8	22,4
CMC <sub>8</sub>	20	20	60	28,5	27,2	28,0

Keterangan :

- I : Volume HCl 0,4 N hasil titrasi pada sintesa CMC tanpa pengembangan
- II : Volume HCl 0,4 N hasil titrasi pada sintesa CMC dengan pengembangan (percobaan I)
- III : Volume HCl 0,4 N hasil titrasi pada sintesa CMC dengan pengembangan (percobaan II)

## Lampiran B

### PERHITUNGAN BERAT MOLEKUL RATA-RATA VISKOSITAS ( $M_v$ )

#### **B.1. Penentuan Viskositas Relatif ( $\eta_r$ )**

Penentuan harga viskositas relatif ( $\eta_r$ ) menggunakan persamaan :

$$(\eta_r) = \frac{t}{t_0}$$

dimana :

t : waktu alir larutan (larutan CMC)

$t_0$  : waktu alir pelarut (larutan NaCl 0,2 N)

Waktu alir pelarut ( $t_0$ ) dapat dilihat pada tabel B.1 dan waktu alir larutan (t) dapat dilihat pada tabel B.2, B.3 dan B.4.

#### **B.2. Penentuan Viskositas Spesifik ( $\eta_{sp}$ )**

Penentuan viskositas spesifik ( $\eta_{sp}$ ) menggunakan persamaan sebagai berikut

$$(\eta_{sp}) = \eta_r - 1$$

dimana harga viskositas spesifik dapat dilihat pada tabel B.5, B.6 dan B.7.

#### **B.3. Penentuan Viskositas Reduksi ( $\eta_{red}$ )**

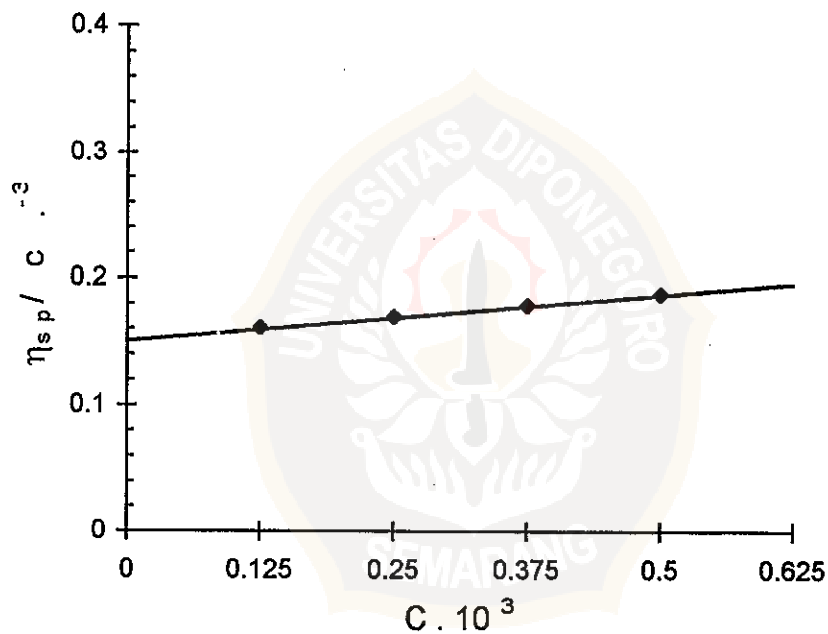
Persamaan yang digunakan untuk penentuan viskositas reduksi ( $\eta_{red}$ ) adalah :

$$(\eta_{red}) = (\eta_{sp}) / C$$

dimana , C adalah konsentrasi (g/100 ml) dan harga-harga viskositas reduksi dapat dilihat pada tabel B.5, B.6 dan B.7.

#### **B.4. Penentuan Viskositas Larutan ( $\eta$ )**

Viskositas larutan merupakan intersep dari grafik antara viskositas reduksi ( $\eta_{sp}/c$ ) terhadap konsentrasi (C). Berikut ini contoh kurva pada percobaan tanpa pengembangan pada komposisi air : etanol : 2-propanol = 0 : 0 : 100 dan menghasilkan intersep sebesar 1,49 dl/g



Gambar B. 1. Kurva hubungan  $\eta_{sp}/C$  terhadap C pada

komposisi air : etanol : 2-propanol = 0 : 0 : 100

Dengan cara yang sama seperti di atas harga-harga viskositas larutan ( $\eta$ ) pada komposisi yang lain dapat dilihat pada tabel B.8.

### **B.5. Penentuan Berat Molekul Rata-Rata Viskositas ( $M_v$ )**

Berat Molekul Rata-Rata Viskositas ( $M_v$ ) dicari dengan persamaan “ Mark dan Hauwink” :

$$(\eta) = K (M_v)^a$$

dimana, K dan a adalah tetapan khas untuk sistim polimer, harganya dapat dilihat pada tabel 2.4. Untuk karboksimetil selulosa dengan pelarut NaCl 0,2 M harga  $K = 43 \cdot 10^{-5}$  dl/g dan  $a = 0,74$ .

### **B.6. Contoh Perhitungan**

Pada komposisi air : etanol : 2-propanol = 0 : 0 : 100 percobaan sintesa CMC tanpa pengembangan didapat viskositas larutan sebesar 1,49 dl/g maka:

$$\begin{aligned}
 (\eta) &= K (M_v)^a \\
 (1,49 \text{ dl/g}) &= 43 \cdot 10^{-5} \text{ dl/g} (M_v)^{0,74} \\
 (M_v)^{0,74} &= 3465,12 \\
 \log (M_v) &= \frac{\log 3465,12}{0,74} = \frac{3,539}{0,74} = 4,78 \\
 (M_v) &= 60255,96
 \end{aligned}$$

Dengan mengacu contoh perhitungan di atas harga berat molekul rata-rata viskositas yang lain dapat dilihat pada tabel B.8.

Tabel B.1. Waktu alir (detik) NaCl 0,2 N

	$t_1$	$t_2$	$t_3$	$t_4$
NaCl 0,2 N	224,2	224,1	224,1	224,1

Tabel B.2. Waktu alir larutan CMC (detik) hasil sintesa tanpa pengembangan

CMC <sub>i</sub>	C · 10 <sup>3</sup> (mg / 100 mL)	$t_1$	$t_2$	$t_3$	$t_4$
CMC <sub>1</sub>	0,5	245,5	245,3	245,3	245,3
	0,375	239,0	239,2	239,2	239,1
	0,25	233,6	233,8	233,4	233,6
	0,125	228,6	228,3	228,9	228,4
CMC <sub>2</sub>	0,5	242,6	242,4	242,6	242,5
	0,375	237,2	237,1	237,3	237,2
	0,25	232,4	232,3	232,3	232,3
	0,125	227,7	228,0	227,9	227,9
CMC <sub>3</sub>	0,5	238,4	238,5	238,3	238,3
	0,375	234,0	233,8	234,3	234,0
	0,25	229,7	229,6	229,4	229,5
	0,125	226,8	226,8	226,6	226,7
CMC <sub>4</sub>	0,5	235,8	235,5	235,6	235,6
	0,375	231,9	232,0	232,8	231,9
	0,25	228,2	228,2	228,1	228,2
	0,125	226,3	226,0	225,9	226,0
CMC <sub>5</sub>	0,5	234,8	234,6	234,7	234,7
	0,375	231,3	231,2	231,2	231,2
	0,25	228,5	228,4	228,3	228,4
	0,125	225,9	225,3	225,9	225,7
CMC <sub>6</sub>	0,5	233,8	233,9	234,0	233,9
	0,375	230,5	230,7	230,6	230,6
	0,25	227,3	227,2	227,2	227,2
	0,125	225,5	225,5	225,3	225,4
CMC <sub>7</sub>	0,5	253,5	253,6	253,9	253,7
	0,375	245,5	245,7	245,0	245,4
	0,25	237,1	237,2	237,1	237,1
	0,125	230,4	230,3	230,3	230,3
CMC <sub>8</sub>	0,5	230,2	230,2	230,3	230,2
	0,375	227,9	227,6	227,7	227,7
	0,25	226,1	226,0	226,4	226,1
	0,125	224,9	225,1	224,7	224,9

**Tabel B.3. Waktu alir larutan CMC (detik) hasil sintesa dengan  
pengembangan ( percoban I)**

CMC <sub>i</sub>	C · 10 <sup>3</sup> (mg/100 mL)	t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>	t <sub>3</sub>	t <sub>4</sub>
CMC <sub>1</sub>	0,5	245,2	245,3	245,2	245,2
	0,375	239,0	239,1	239,1	239,1
	0,25	233,7	233,9	233,6	233,7
	0,125	228,5	228,4	228,5	228,5
CMC <sub>2</sub>	0,5	243,3	243,4	243,1	243,3
	0,375	237,8	237,6	238,1	237,8
	0,25	232,6	232,6	232,8	232,7
	0,125	228,4	228,2	228,0	228,2
CMC <sub>3</sub>	0,5	248,3	248,2	248,2	248,2
	0,375	241,0	240,9	241,3	241,1
	0,25	235,1	235,2	235,1	235,1
	0,125	229,6	229,5	229,4	229,5
CMC <sub>4</sub>	0,5	250,7	250,5	250,9	250,7
	0,375	243,4	243,5	243,1	243,3
	0,25	236,4	236,5	236,4	236,4
	0,125	230,1	230,2	230,0	230,1
CMC <sub>5</sub>	0,5	252,6	252,5	252,7	252,6
	0,375	244,7	244,8	244,6	244,7
	0,25	237,4	237,4	237,2	237,3
	0,125	230,5	230,4	230,4	230,4
CMC <sub>6</sub>	0,5	246,4	246,5	246,4	246,4
	0,375	239,7	239,6	239,7	239,7
	0,25	234,0	234,2	234,0	234,0
	0,125	228,9	228,8	228,9	228,9
CMC <sub>7</sub>	0,5	258,5	258,6	258,5	258,5
	0,375	249,1	249,3	249,0	249,1
	0,25	240,3	240,1	240,2	240,2
	0,125	231,7	232,0	232,0	231,9
CMC <sub>7</sub>	0,5	231,7	231,5	231,9	231,7
	0,375	229,0	229,1	229,0	229,0
	0,25	226,8	226,6	226,9	226,8
	0,125	225,5	225,6	225,2	225,4



**Tabel B.4. Waktu alir larutan CMC (detik) hasil sintesa dengan pengembangan ( percobaan II)**

CMC	C · 10 <sup>3</sup> (mg/ 100 mL)	t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>	t <sub>3</sub>	t <sub>4</sub>
CMC <sub>1</sub>	0,5	245,6	245,9	245,2	245,9
	0,375	239,5	239,6	239,7	239,6
	0,25	233,7	234,2	233,7	233,9
	0,125	228,9	228,6	228,6	228,7
CMC <sub>2</sub>	0,5	243,9	244,2	244,1	244,1
	0,375	238,4	238,3	238,1	238,2
	0,25	233,3	233,1	233,1	233,1
	0,125	228,4	228,3	228,2	228,3
CMC <sub>3</sub>	0,5	247,6	247,8	247,2	247,5
	0,375	240,6	240,9	240,9	240,8
	0,25	234,5	234,9	234,7	234,7
	0,125	229,3	229,5	229,2	229,3
CMC <sub>4</sub>	0,5	252,3	252,0	252,1	252,1
	0,375	244,6	244,4	244,3	244,4
	0,25	237,1	237,2	237,0	237,1
	0,125	230,5	230,4	230,4	230,4
CMC <sub>5</sub>	0,5	252,5	252,7	252,6	252,6
	0,375	244,7	244,7	244,8	244,7
	0,25	237,4	237,1	237,5	237,3
	0,125	230,4	230,5	230,3	230,4
CMC <sub>6</sub>	0,5	246,6	246,3	246,4	246,4
	0,375	239,6	239,8	239,5	239,6
	0,25	234,0	234,0	234,1	234,0
	0,125	228,9	228,7	229,1	228,9
CMC <sub>7</sub>	0,5	260,5	260,4	260,6	260,4
	0,375	250,1	250,8	250,6	250,5
	0,25	241,2	241,1	241,4	241,2
	0,125	232,4	232,5	232,4	232,4
CMC <sub>8</sub>	0,5	230,9	230,9	230,8	230,9
	0,375	228,2	228,7	228,4	228,4
	0,25	226,4	226,6	226,3	226,4
	0,125	225,1	225,3	224,8	225,0

Tabel B.5. Harga-harga  $\eta_r$ ,  $\eta_{sp}$ ,  $\eta_{sp}/C$  CMC hasil sintesa tanpa pengembangan

CMC <sub>i</sub>	C · 10 <sup>3</sup> (mg / 100 mL)	$\eta_r$	$\eta_{sp}$	$\eta_{sp}/C$
CMC <sub>1</sub>	0,5	1,095	0,095	0,189 · 10 <sup>3</sup>
	0,375	1,067	0,067	0,178 · 10 <sup>3</sup>
	0,25	1,042	0,042	0,169 · 10 <sup>3</sup>
	0,125	1,019	1,019	0,158 · 10 <sup>3</sup>
CMC <sub>2</sub>	0,5	1,082	0,082	0,164 · 10 <sup>3</sup>
	0,375	1,059	0,059	0,156 · 10 <sup>3</sup>
	0,25	1,037	0,037	0,147 · 10 <sup>3</sup>
	0,125	1,017	0,017	0,136 · 10 <sup>3</sup>
CMC <sub>3</sub>	0,5	1,064	0,064	0,127 · 10 <sup>3</sup>
	0,375	1,044	0,044	0,118 · 10 <sup>3</sup>
	0,25	1,024	0,024	0,097 · 10 <sup>3</sup>
	0,125	1,012	0,012	0,096 · 10 <sup>3</sup>
CMC <sub>4</sub>	0,5	1,052	0,052	0,103 · 10 <sup>3</sup>
	0,375	1,035	0,035	0,093 · 10 <sup>3</sup>
	0,25	1,018	0,018	0,073 · 10 <sup>3</sup>
	0,125	1,008	0,008	0,064 · 10 <sup>3</sup>
CMC <sub>5</sub>	0,5	1,046	0,046	0,095 · 10 <sup>3</sup>
	0,375	1,032	0,032	0,085 · 10 <sup>3</sup>
	0,25	1,019	0,019	0,076 · 10 <sup>3</sup>
	0,125	1,007	0,007	0,056 · 10 <sup>3</sup>
CMC <sub>6</sub>	0,5	1,044	0,044	0,087 · 10 <sup>3</sup>
	0,375	1,029	0,029	0,077 · 10 <sup>3</sup>
	0,25	1,014	0,014	0,057 · 10 <sup>3</sup>
	0,125	1,006	0,006	0,048 · 10 <sup>3</sup>
CMC <sub>7</sub>	0,5	1,132	0,132	0,263 · 10 <sup>3</sup>
	0,375	1,095	0,095	0,253 · 10 <sup>3</sup>
	0,25	1,058	0,058	0,233 · 10 <sup>3</sup>
	0,125	1,028	0,028	0,224 · 10 <sup>3</sup>
CMC <sub>8</sub>	0,5	1,027	0,027	0,053 · 10 <sup>3</sup>
	0,375	1,016	0,016	0,043 · 10 <sup>3</sup>
	0,25	1,009	0,009	0,034 · 10 <sup>3</sup>
	0,125	1,004	0,004	0,032 · 10 <sup>3</sup>

Tabel B.6. Harga-harga  $\eta_r$ ,  $\eta_{sp}$ ,  $\eta_{sp}/C$  CMC hasil sintesa dengan pengembangan ( percobaan I)

CMC <sub>i</sub>	C · 10 <sup>3</sup> (mg / 100 mL)	$\eta_r$	$\eta_{sp}$	$\eta_{sp}/C$
CMC <sub>1</sub>	0,5	1,094	0,094	0,188 · 10 <sup>3</sup>
	0,375	1,067	0,067	0,179 · 10 <sup>3</sup>
	0,25	1,043	0,043	0,170 · 10 <sup>3</sup>
	0,125	1,020	0,020	0,161 · 10 <sup>3</sup>
CMC <sub>2</sub>	0,5	1,086	0,086	0,171 · 10 <sup>3</sup>
	0,375	1,061	0,061	0,162 · 10 <sup>3</sup>
	0,25	1,038	0,038	0,153 · 10 <sup>3</sup>
	0,125	1,018	0,018	0,144 · 10 <sup>3</sup>
CMC <sub>3</sub>	0,5	1,107	0,107	0,214 · 10 <sup>3</sup>
	0,375	1,077	0,077	0,205 · 10 <sup>3</sup>
	0,25	1,049	0,049	0,196 · 10 <sup>3</sup>
	0,125	1,024	0,024	0,189 · 10 <sup>3</sup>
CMC <sub>4</sub>	0,5	1,119	0,119	0,237 · 10 <sup>3</sup>
	0,375	1,086	0,086	0,228 · 10 <sup>3</sup>
	0,25	1,055	0,055	0,219 · 10 <sup>3</sup>
	0,125	1,027	0,027	0,210 · 10 <sup>3</sup>
CMC <sub>5</sub>	0,5	1,127	0,127	0,254 · 10 <sup>3</sup>
	0,375	1,092	0,092	0,245 · 10 <sup>3</sup>
	0,25	1,059	0,059	0,236 · 10 <sup>3</sup>
	0,125	1,028	0,028	0,227 · 10 <sup>3</sup>
CMC <sub>6</sub>	0,5	1,098	0,098	0,195 · 10 <sup>3</sup>
	0,375	1,069	0,069	0,186 · 10 <sup>3</sup>
	0,25	1,044	0,044	0,177 · 10 <sup>3</sup>
	0,125	1,021	0,021	0,168 · 10 <sup>3</sup>
CMC <sub>7</sub>	0,5	1,154	0,154	0,307 · 10 <sup>3</sup>
	0,375	1,112	0,112	0,298 · 10 <sup>3</sup>
	0,25	1,072	0,072	0,289 · 10 <sup>3</sup>
	0,125	1,035	0,035	0,280 · 10 <sup>3</sup>
CMC <sub>8</sub>	0,5	1,034	0,034	0,067 · 10 <sup>3</sup>
	0,375	1,022	0,022	0,058 · 10 <sup>3</sup>
	0,25	1,012	0,012	0,049 · 10 <sup>3</sup>
	0,125	1,005	0,005	0,040 · 10 <sup>3</sup>

Tabel B.7. Harga-harga  $\eta_{red}$ ,  $\eta_r$ ,  $\eta_{sp}/C$  CMC hasil sintesa dengan pengembangan (percobaan II)

CMC <sub>i</sub>	C . 10 <sup>3</sup> (mg / 100 mL)	$\eta_r$	$\eta_{sp}$	$\eta_{sp}/C$
CMC <sub>1</sub>	0,5	1,097	0,097	0,194 . 10 <sup>3</sup>
	0,375	1,069	0,069	0,185 . 10 <sup>3</sup>
	0,25	1,044	0,044	0,176 . 10 <sup>3</sup>
	0,125	1,020	0,020	0,167 . 10 <sup>3</sup>
CMC <sub>2</sub>	0,5	1,089	0,089	0,178 . 10 <sup>3</sup>
	0,375	1,063	0,063	0,169 . 10 <sup>3</sup>
	0,25	1,040	0,040	0,160 . 10 <sup>3</sup>
	0,125	1,019	0,019	0,151 . 10 <sup>3</sup>
CMC <sub>3</sub>	0,5	1,104	0,104	0,208 . 10 <sup>3</sup>
	0,375	1,075	0,075	0,199 . 10 <sup>3</sup>
	0,25	1,048	0,048	0,190 . 10 <sup>3</sup>
	0,125	1,023	0,023	0,181 . 10 <sup>3</sup>
CMC <sub>4</sub>	0,5	1,125	0,125	0,250 . 10 <sup>3</sup>
	0,375	1,090	0,090	0,241 . 10 <sup>3</sup>
	0,25	1,058	0,058	0,232 . 10 <sup>3</sup>
	0,125	1,028	0,028	0,223 . 10 <sup>3</sup>
CMC <sub>5</sub>	0,5	1,125	0,125	0,250 . 10 <sup>3</sup>
	0,375	1,090	0,090	0,241 . 10 <sup>3</sup>
	0,25	1,058	0,058	0,232 . 10 <sup>3</sup>
	0,125	1,027	0,027	0,223 . 10 <sup>3</sup>
CMC <sub>6</sub>	0,5	1,108	0,108	0,216 . 10 <sup>3</sup>
	0,375	1,078	0,078	0,207 . 10 <sup>3</sup>
	0,25	1,049	0,049	0,199 . 10 <sup>3</sup>
	0,125	1,024	0,024	0,189 . 10 <sup>3</sup>
CMC <sub>7</sub>	0,5	1,162	0,162	0,324 . 10 <sup>3</sup>
	0,375	1,118	0,118	0,314 . 10 <sup>3</sup>
	0,25	1,076	0,076	0,305 . 10 <sup>3</sup>
	0,125	1,037	0,037	0,296 . 10 <sup>3</sup>
CMC <sub>8</sub>	0,5	1,031	0,031	0,061 . 10 <sup>3</sup>
	0,375	1,019	0,019	0,051 . 10 <sup>3</sup>
	0,25	1,010	0,010	0,041 . 10 <sup>3</sup>
	0,125	1,004	0,004	0,032 . 10 <sup>3</sup>

**Tabel B.8. Harga – harga viskositas larutan ( $\eta$ ) CMC hasil sintesa pada berbagai komposisi pereaksi.**

CMC <sub>i</sub>	Komposisi pereaksi (%)			Viskositas Larutan ( dL / g )		
	Air	Etanol	2-propanol	I	II	III
CMC <sub>1</sub>	0	0	100	1,49	1,50	1,48
CMC <sub>2</sub>	0	50	50	1,21	1,30	1,40
CMC <sub>3</sub>	10	10	80	0,80	2,00	2,18
CMC <sub>4</sub>	15	10	75	0,59	1,80	1,80
CMC <sub>5</sub>	15	15	70	0,50	2,19	2,12
CMC <sub>6</sub>	20	15	65	0,40	1,49	1,79
CMC <sub>7</sub>	10	20	70	2,19	2,70	2,81
CMC <sub>8</sub>	20	20	60	0,20	0,30	0,20

Keterangan :

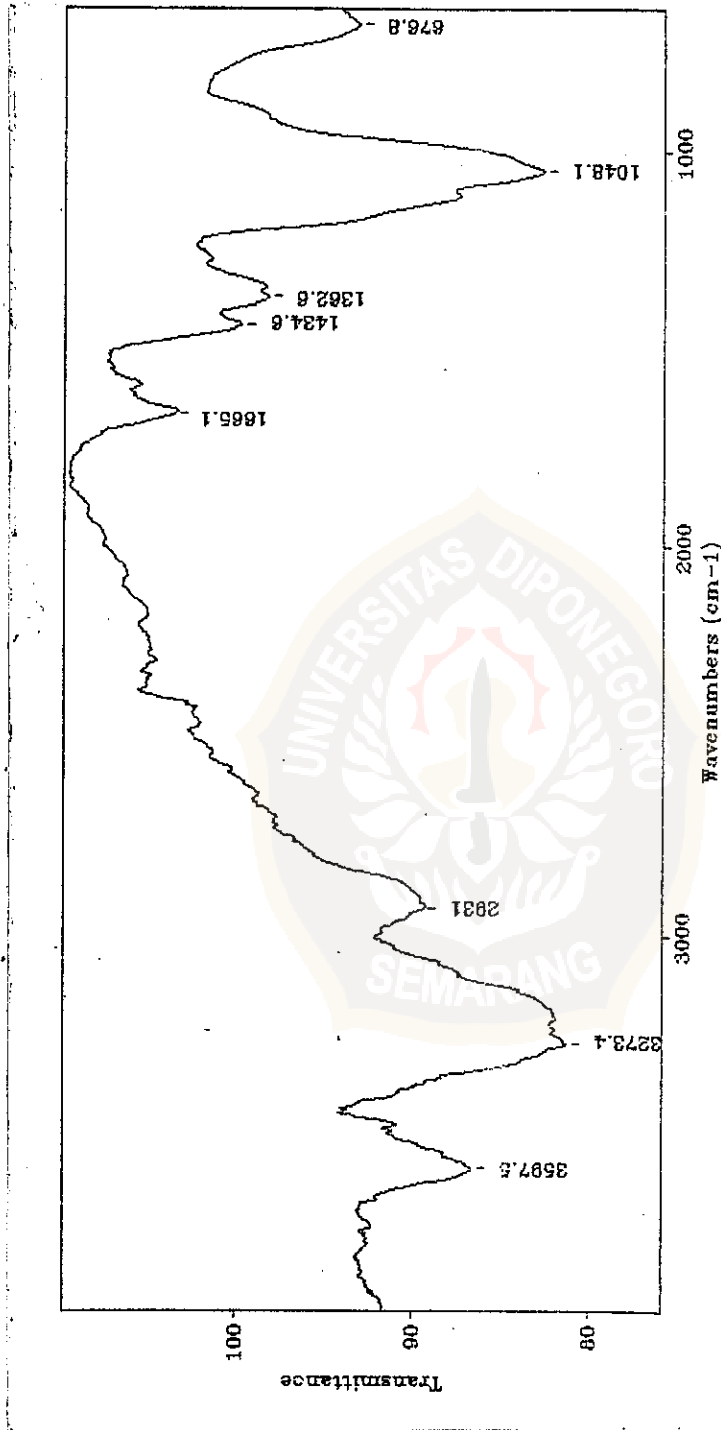
I : Viskositas larutan CMC hasil sintesa tanpa pengembangan.

II : Viskositas larutan CMC hasil sintesa dengan pengembangan (percobaan I)

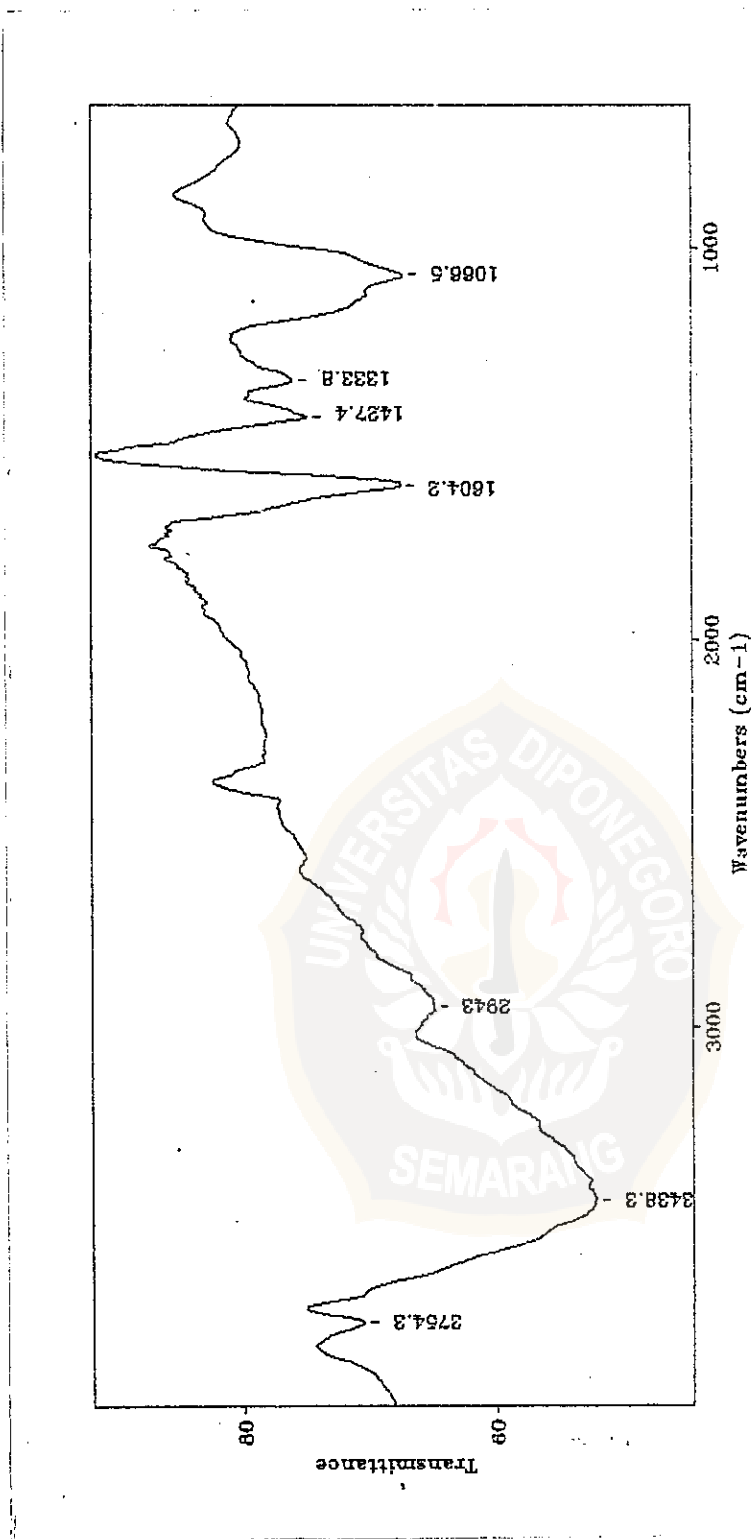
III : Viakositas larutan CMC hasil sintesa dengan pengembangan (percobaan II)

## Lampiran C

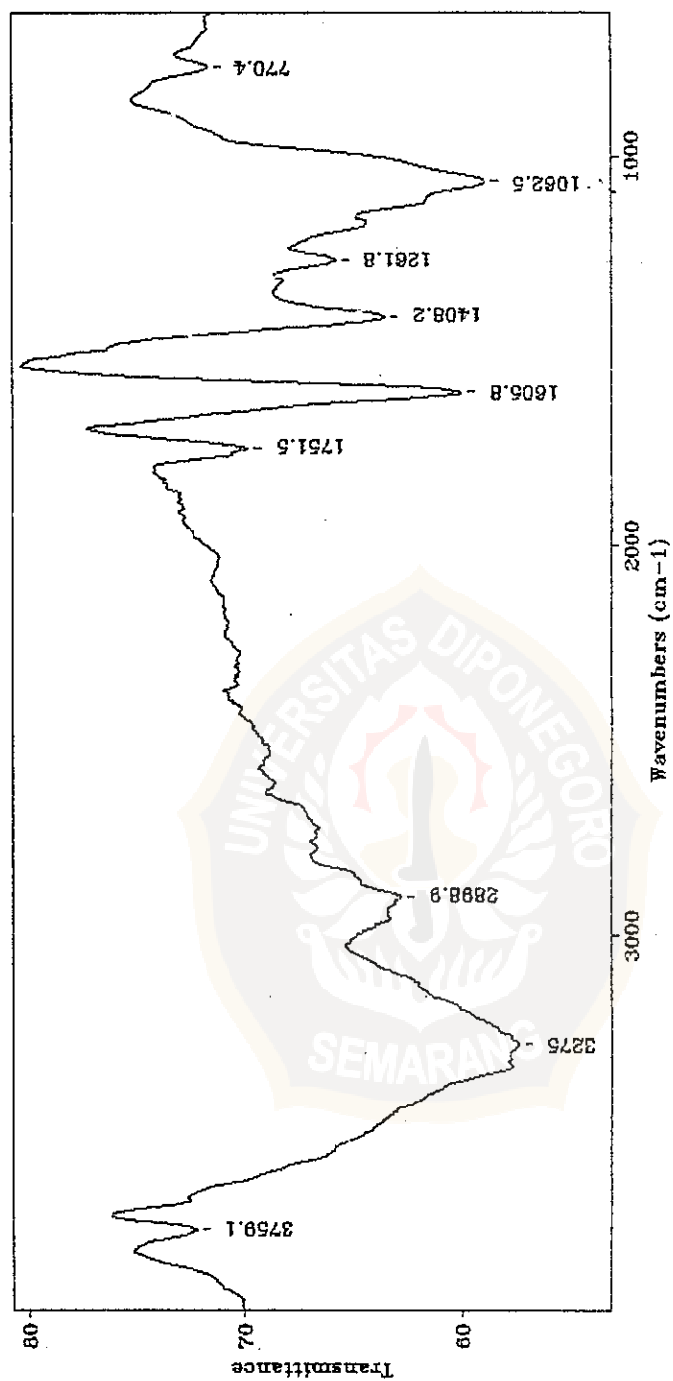
### Spektrum Inframerah selulosa, CMC komersial dan CMC hasil sintesa



**Gambar C.1. Spektrum Inframerah selulosa.**



**Gambar C.2. Spektrum Inframerah CMC komersial.**



**Gambar C.3. Spektrum Inframerah CMC hasil sintesa.**