

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Umum

Tahap adsorpsi zat warna *Methylene Blue* (MB) pada penelitian ini, dilakukan dalam skala laboratorium dengan menggunakan adsorben *sludge powder* dari lumpur hasil pengolahan air di Tirta Binangun Yogyakarta yang dienkapsulasi dengan *alginate gel* dan agar. Metode yang digunakan adalah metode *batch* dengan jumlah larutan MB sebanyak 50 ml. Sebelum dilakukan tahap enkapsulasi *sludge powder* diaktivasi dengan H_3PO_4 1 M dengan perbandingan 100 g untuk 4 ml H_3PO_4 (Siswoyo, 2014). *Sludge powder* yang teraktivasi disebut dengan *Powder Activated Sludge* (PAS) kemudian dibandingkan dengan *sludge powder* tidak teraktivasi yang kemudian disebut dengan *Raw Sludge Powder* (RSP), selanjutnya adsorben yang memiliki daya serap paling baik akan dilanjutkan dalam tahapan enkapsulasi.

Tahapan enkapsulasi *alginate gel* dibuat dengan mencampurkan 2 g *sludge powder* dengan 30 ml larutan *alginate gel* 3% dan kemudian diteteskan kedalam larutan CaCl_2 10%. Sedangkan pada tahapan enkapsulasi agar 2,5 g *sludge powder* dicampurkan kedalam 40 ml aquades yang telah ditambahkan agar sebanyak 1 g.

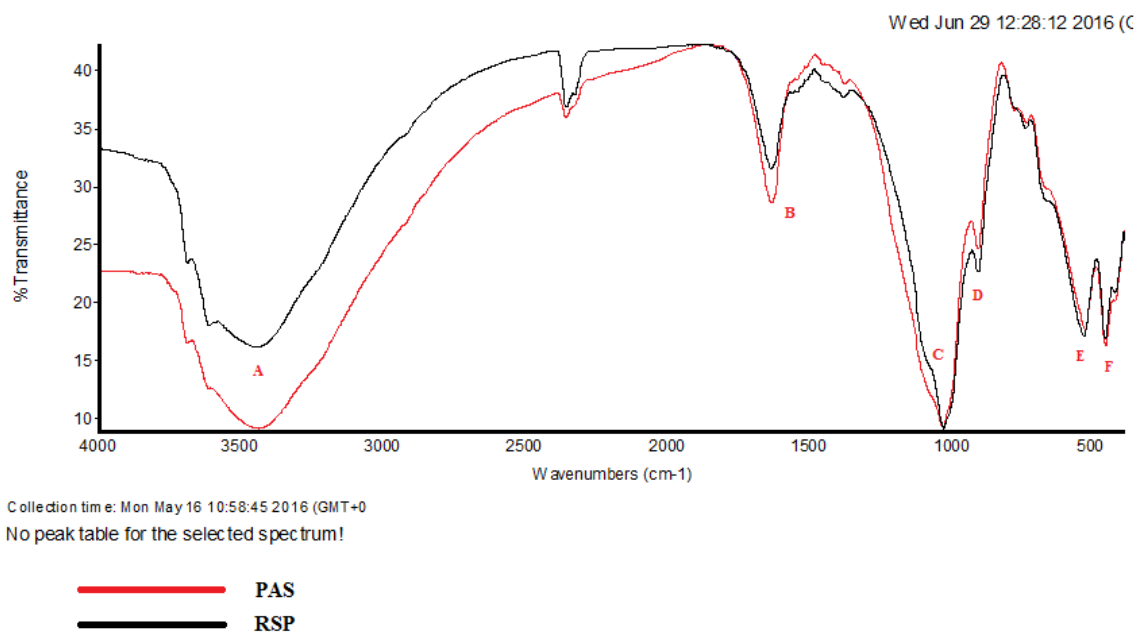
Pada proses adsorpsinya dilakukan dengan menguji pada beberapa variasi kondisi yakni massa, pH, waktu, dan konsentrasi. Dari masing-masing variasi tersebut akan didapat kondisi optimum. Pada penelitian ini juga diidentifikasi model isoterm dari proses adsorpsinya. Model isoterm yang digunakan yakni isoterm *langmuir* dan *freundlich*. Penentuan dilakukan dengan membandingkan nilai R^2 dari masing-masing grafik isoterm, dimana grafik dengan nilai R^2 yang besar merupakan akan dipilih sebagai model isoterm yang cocok dalam proses adsorpsi.

4.2 Karakterisasi Adsorben

Karakterisasi adsorben dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui karakteristik adsorben seperti kandungan unsur kimia dan ikatan kimianya, ukuran pori permukaan dan kapasitas daya serapnya. Pada penelitian ini karakterisasi adsorben dilakukan dengan menggunakan FTIR, SEM, BET, ICP-AES, dan *Element Analysis*.

4.2.1 FTIR (*Fourier Transform InfraRed*)

FTIR digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi molekul yang terdapat pada material PAS dan RSP. Pembacaan gelombang FTIR dilakukan pada daerah spektrum menengah (*mid-infrared*) pada rentang panjang gelombang 400 – 4000 cm^{-1} . Hasil pengujian FTIR berupa grafik antara panjang gelombang pada sumbu x dan jumlah cahaya yang terpantulkan atau persentase (%) transmittan pada sumbu y. Hasil pengujian FTIR PAS dan RSP dianalisis dengan melihat puncak spesifik pada panjang gelombang tertentu. Puncak spesifik tersebut menunjukkan jenis gugus fungsional dalam senyawa PAS dan RSP. Hasil grafik pembacaan dapat dilihat berurut pada Gambar 4.1 sebagai berikut.



Gambar 4.1 Spektrum Panjang Gelombang Pembacaan FTIR Adsorben PAS dan RSP

(Sumber: Data primer, 2016)

Hasil pembacaan FTIR dari kiri ke kanan menunjukkan bahwa antara PAS dan RSP keduanya memiliki jumlah puncak spesifik yang sama yang kemudian dicocokkan sesuai dengan klasifikasi jenis gugus fungsi berdasarkan panjang gelombangnya (Stuart, 2014). Hasil pengklasifikasian akan ditampilkan pada Tabel 4.1 sebagai berikut.

Tabel 4.1 Jenis Gugus Fungsi yang Terdapat Dalam Senyawa Adsorben

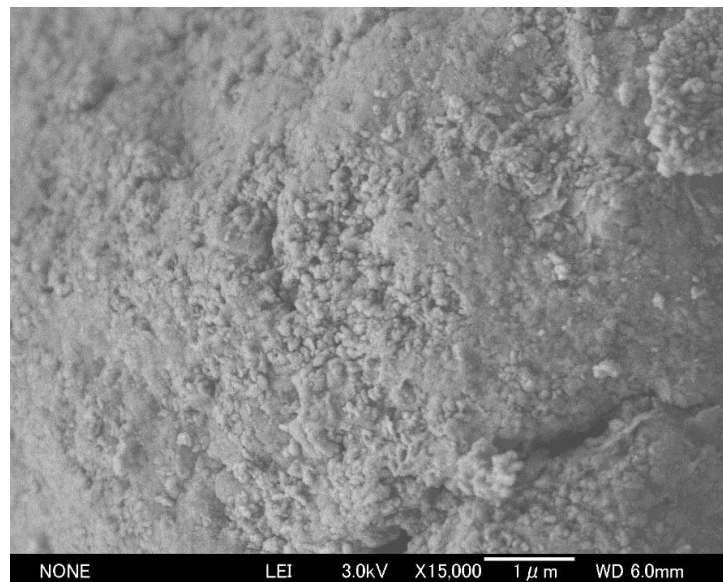
PUNCAK	PAS (cm^{-1})	RSP (cm^{-1})	GUGUS FUNGSI	PANJANG GELOMBANG (cm^{-1})
A	3442,02	3452,43	OH	3800-3400
B	1641,31	1641,65	C=O	1680-1640
C	1038,93	1036,36	P-OH	1300-900
D	913,61	912,98	C-H	850-950
E	539,72	543,11	S-S	550-440
F	467,62	468,68	S-S	550-441

(Sumber: Data primer, 2016)

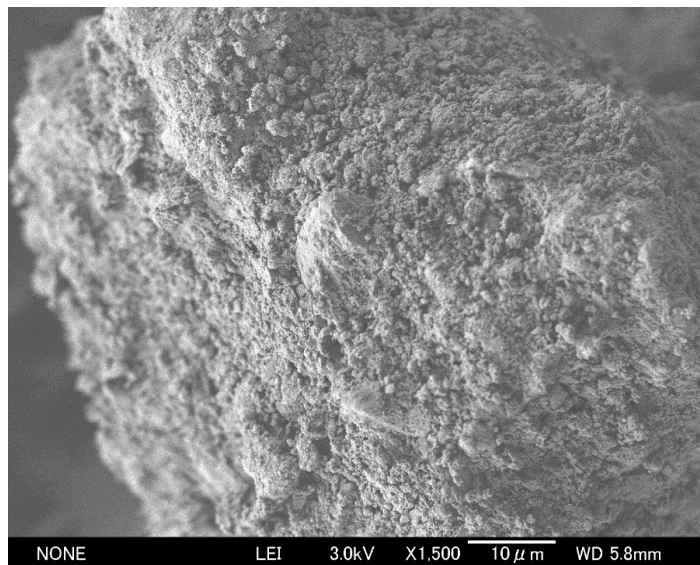
Setelah dilakukan pengklasifikasian didapat bahwa hasil pembacaan FTIR ternyata tidak ditemukan adanya penambahan gugus fungsi baru dalam senyawa PAS. Hal ini terlihat dari letak puncak spesifik yang relatif sama dan tidak ada penambahan puncak spesifik baru pada grafik. Berdasarkan spektrum panjang gelombangnya kandungan gugus fungsi yang terdapat dalam adsorben adalah OH, C=O, dan P-OH. Pada proses adsorpsi muatan positif pada senyawa MB akan diikat oleh muatan negatif dari OH sehingga dapat dikatakan bahwa gugus OH berperan dalam proses adsorpsi senyawa MB dalam air.

4.2.2 SEM (*Scanning Electron Microscopes*)

Pengujian SEM dilakukan guna mengetahui gambar penampang dari permukaan adsorben dengan perbesaran mencapai 15.000 kali. Pengujian SEM terhadap PAS dan RSP dapat dilihat pada Gambar 4.2 sebagai berikut.



(a)



(b)

Gambar 4.2 Permukaan Adsorben (a) RSP dan (b) PAS

(Sumber: Data primer, 2016)

Dari Gambar 4.2 terlihat bahwa, pada perbesaran yang sama permukaan adsorben PAS terlihat memiliki pori lebih banyak dibandingkan dengan adsorben RSP. Jumlah pori pada permukaan adsorben berpengaruh pada kapasitas adsorpsi. Semakin banyak jumlah pori maka luas permukaan pada adsorben akan bertambah dan kapasitas adsorpsi semakin besar. Oleh karena itu jika dilihat dari hasil pembacaan karakteristik SEM, maka kemampuan adsorpsi PAS lebih besar dibanding RSP. Ukuran adsorben juga berpengaruh terhadap kapasitas adsorpsi karena semakin kecil ukuran adsorben maka luas permukaannya juga semakin besar sehingga kemampuan adsorpsinya meningkat.

4.2.3 *Elemental Analysis*

Pengujian *elemental analysis* pada adsorben dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui besar persentase (%) kandungan unsur C, N, dan H yang terdapat dalam senyawa tersebut. Hasil pengujian tertera pada Tabel 4.2 sebagai berikut.

Tabel 4.2 Hasil Uji *Element Analysis* Adsorben PAS dan RSP

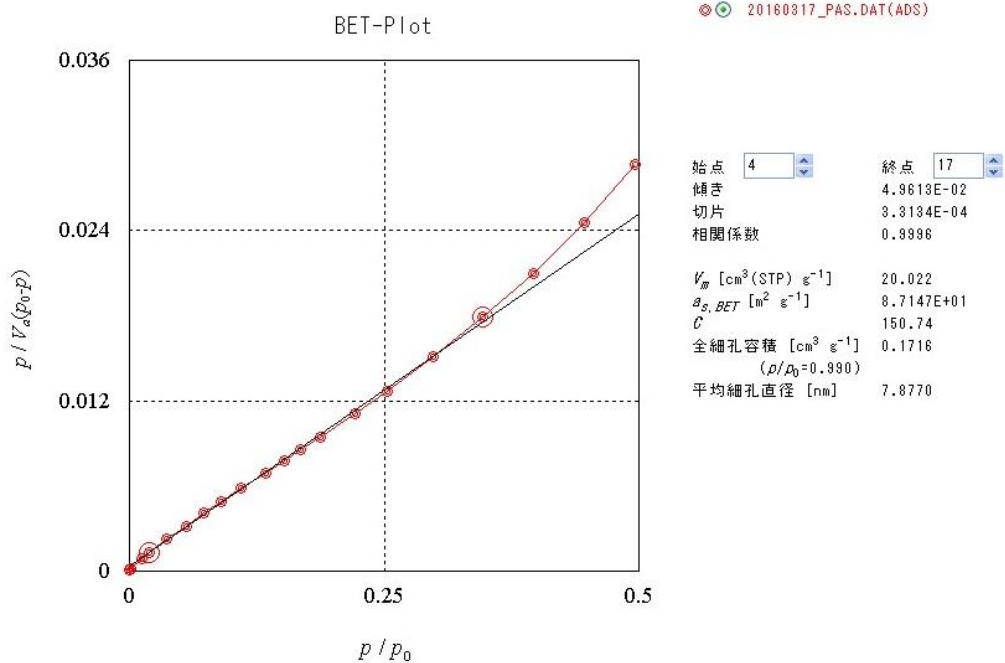
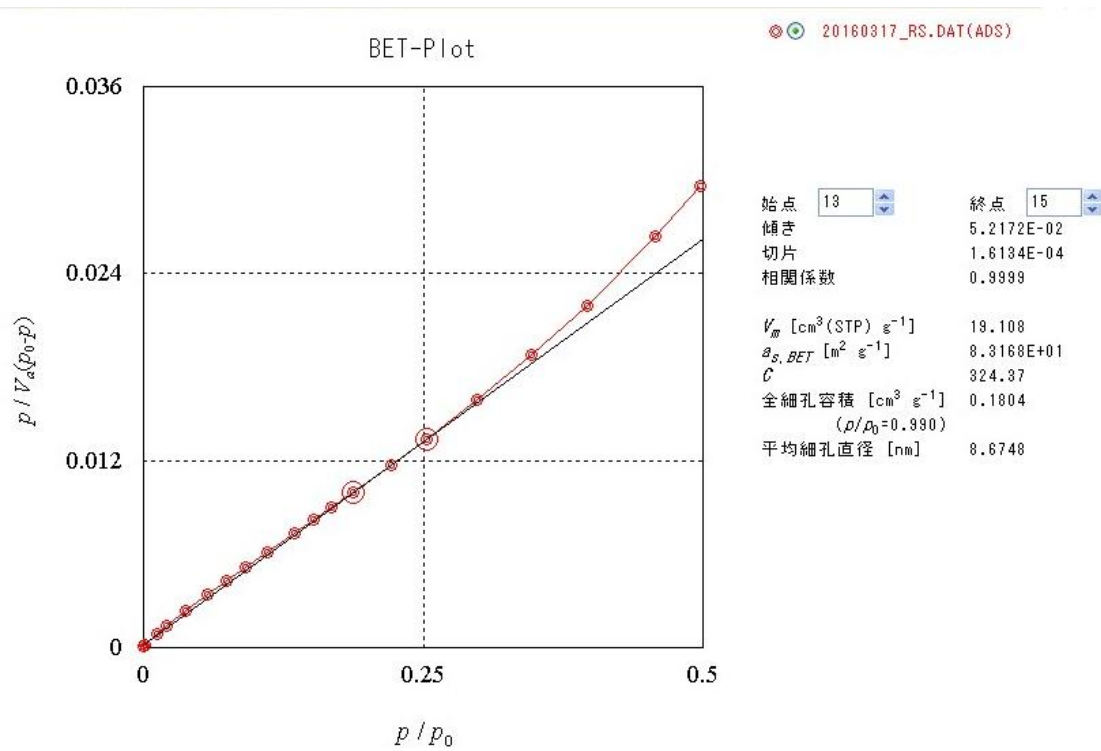
Unsur (%w/w)	<i>Raw Sludge Powder (RSP)</i>	<i>Powder Activated Sludge (PAS)</i>
Karbon (C)	0,74%	0,57%
Hidrogen (H)	0,42%	0,32%
Nitrogen (N)	0,09%	0,06%
Oksigen (O)	19,91%	17,07%
<i>ash</i>	78,85%	81,98%

(Sumber: Data primer, 2016)

Dari data pada Tabel 4.2, didapat bahwa jumlah persentase (%) kandungan C, N, dan H dalam RSP lebih besar dibandingkan kandungan unsur tersebut dalam PAS. Dengan jumlah karbon pada RSP 0,74% sedangkan pada PAS hanya sebesar 0,57%. Namun, kandungan *ash* pada adsorben sangat tinggi yakni PAS 81,98% sedangkan RSP 78,85%.

4.2.4. BET (*Brunauer-Emmett-Teller*)

Pengujian BET dilakukan guna mengetahui ukuran luas permukaan adsorben dan volume pori yang terdapat pada permukaan adsorben. Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 4.3 sebagai berikut. Pada hasil pengujian tersebut, ukuran luas permukaan adsorben PAS sedikit lebih besar dibandingkan adsorben RSP.



Gambar 4.3 Grafik Hasil Pengujian BET (a) RSP, (b) PAS

(Sumber: Data primer, 2016)

Dari Gambar 4.3, didapat ukuran luas permukaan adsorben dan volume pori. Luas permukaan adsorben PAS sebesar 87,14 m²/g sedangkan luas permukaan RSP sebesar 83,16 m²/g. Namun, ukuran volume pori PAS lebih kecil dibandingkan ukuran volume pori RSP. Untuk volume pori PAS sebesar 1,7 cm³/g sedangkan volume pori RSP sebesar 1,8 cm³/g.

4.2.5. ICP-AES (*Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry*)

Pengujian ICP-AES dilakukan guna menganalisis kandungan logam yang terdapat dalam adsorben. Hasil pengujian ICP-AES tertera pada Tabel 4.3 sebagai berikut.

Tabel 4.3 Hasil Pengujian ICP - AES

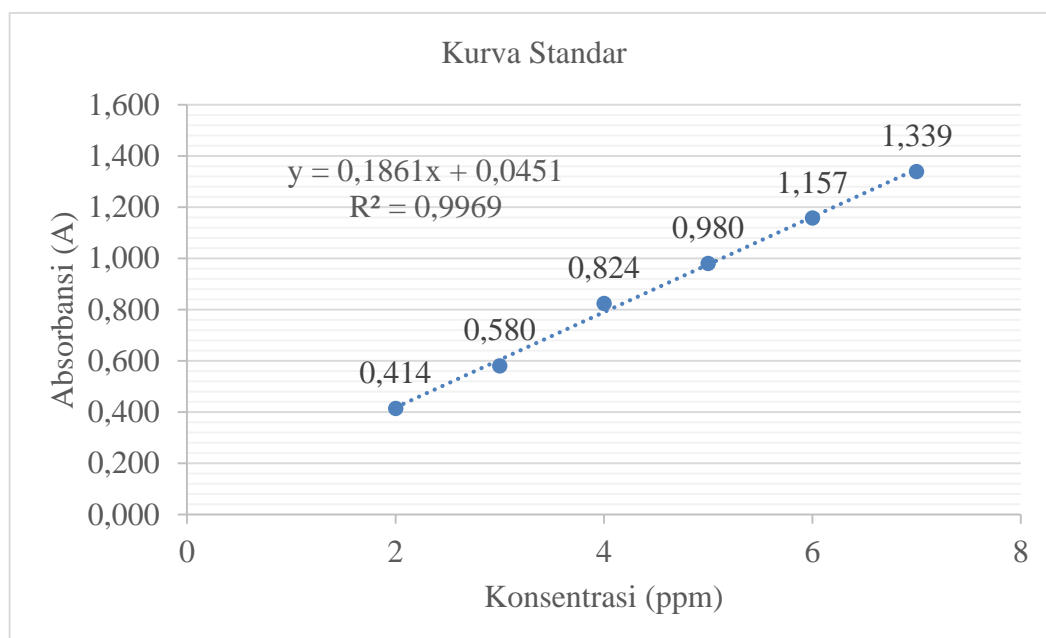
No	Parameter	Unit	Konsentrasi
1	Al	mg/kg	70000
2	Fe	mg/kg	30000
3	Ca	mg/kg	5000
4	Mg	mg/kg	2000
5	Mn	mg/kg	1000
6	Si	mg/kg	100
7	Cu	mg/kg	100
8	Zn	mg/kg	50
9	Cd	mg/kg	20
10	Co	mg/kg	20
11	Cr	mg/kg	20
12	Hg	ug/kg	5000
13	Ni	mg/kg	10
14	Pb	mg/kg	nd
15	As	ug/kg	nd

(Sumber: Data primer, 2016)

Dari hasil pengujian pada Tabel 4.3 didapat bahwa kandungan logam paling besar dalam adsorben adalah Al yakni sebanyak 70.000 mg/kg kemudian logam terbanyak kedua yakni Fe sebanyak 30.000 mg/kg. Jumlah kandungan senyawa Al yang relatif besar disebabkan oleh penambahan koagulan yang mengandung senyawa Al.

4.3 Larutan Standar *Methylene Blue*

Pengujian larutan standar dilakukan dengan metode spektrofotometri menggunakan spektrofotometer UV pada panjang gelombang 655 nm. Larutan standar dibuat dari pengenceran larutan induk MB 1000 mg/L menjadi 6 larutan dengan konsentrasi yang berbeda yakni; 2 mg/L; 3 mg/L; 4 mg/L; 5 mg/L; 6 mg/L; dan 7 mg/L. Pengenceran ini dilakukan agar absorbansi yang terbaca memenuhi *range* absorbansi pada hukum *Lambert-Beer*. Pengukuran konsentrasi *methylene blue* menggunakan spektrofotometri UV-Vis dengan kurva pada Gambar 4.4 sebagai berikut.



Gambar 4.4 Kurva Kalibrasi Larutan MB

(Sumber: Data primer, 2016)

Dari kurva pada Gambar 4.4 didapat nilai $R^2 = 0,9969$. Persamaan regresi linear yang didapat digunakan untuk mencari konsentrasi dari pembacaan sampel.

4.4 Penentuan Kondisi Optimum

Penentuan kondisi optimum dilakukan sebelum teknik enkapsulasi. Tujuannya, untuk mengetahui daya serap adsorben pada kondisi yang optimal. Variabel yang digunakan sebagai faktor penentu berupa variasi massa adsorben, variasi pH sorben, variasi waktu pengadukan dan variasi konsentrasi sorbat. Data yang diperoleh kemudian diolah menjadi sebuah grafik *langmuir* dan *freundlich*. Hasil dari grafik tersebut, dijadikan sebagai pembandingan antara adsorben teraktivasi dan adsorben tak teraktivasi dimana salah satunya akan dienkapsulasi dengan *alginate gel* dan agar.

4.4.1 Variasi Pemberian Massa Adsorben

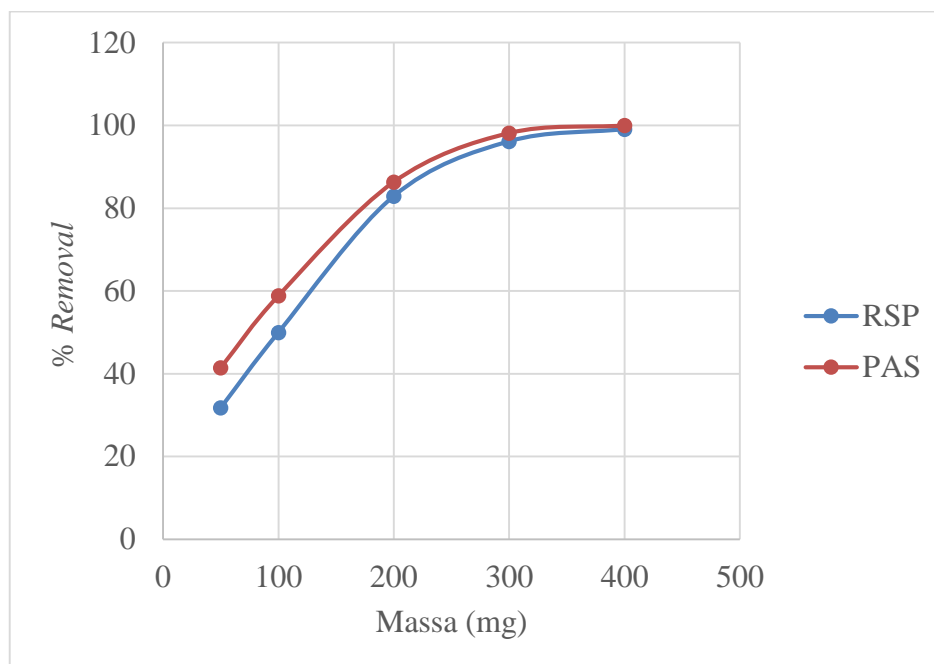
Percobaan variasi massa, dilakukan guna mengetahui dosis pemberian adsorben yang dibutuhkan agar penyerapan MB optimal. Besarnya konsentrasi awal MB yang digunakan adalah sebesar 300 ppm, dengan derajat keasaman (pH) 7. Kondisi derajat keasaman (pH) larutan saat percobaan juga dipantau, dengan dilakukan pengecekan pada awal pengadukan dan setiap satu jam. Larutan yang digunakan sebanyak 50 ml dan diaduk selama 2 jam menggunakan *orbital shaker*. Sampel yang digunakan adalah PAS dan RSP. Hasil dari percobaan variasi pemberian massa adsorben terhadap adsorpsi zat warna MB dengan menggunakan PAS dapat dilihat pada Tabel 4.4 sebagai berikut.

Tabel 4.4 Data Percobaan Variasi Massa

RSP									
Massa Adsorben (mg)	Inlet Kontrol (ppm)	Inlet (ppm)	pH		Absorbansi (A)	C Pembacaan (ppm)	Faktor Pengenceran	C Equilibrium (ppm)	% Removal
			Awal	Akhir					
50	300	270,62	6,03	6,00	0,904	4,615	40	184,600	31,79
100	300	270,62	6,01	6,02	0,884	4,512	30	135,360	49,98
200	300	270,62	6,01	6,00	0,905	4,622	10	46,220	82,92
300	300	270,62	6,07	6,04	1,979	10,392	1	10,392	96,16
400	300	270,62	6,06	6,00	0,499	2,44	1	2,440	99,10
PAS									
Massa Adsorben (mg)	Inlet Kontrol (ppm)	Inlet (ppm)	pH		Absorbansi (A)	C Pembacaan (ppm)	Faktor Pengenceran	C Equilibrium (ppm)	% Removal
			Awal	Akhir					
50	300	294	6,00	6,00	0,716	3,442	50	172,100	41,46
100	300	294	6,06	6,00	0,545	2,689	45	121,005	58,84
200	300	294	6,02	6,00	0,792	4,017	10	40,170	86,34
300	300	294	6,00	6,04	1,060	5,456	1	5,456	98,14
400	300	294	6,00	6,07	0,059	0,076	1	0,076	99,97

(Sumber: Data primer, 2016)

Data pada Tabel 4.4 kemudian diplotkan dalam sebuah grafik yang menunjukkan hubungan antara persentase (%) *removal* dengan penambahan massa adsorben. Grafik tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.5 sebagai berikut.



Gambar 4.5 Hubungan Penambahan Massa Adsorben Terhadap Persentase (%) *Removal*

(Sumber: Data primer, 2016)

Pada Gambar 4.5 tersebut, diketahui bahwa persentase (%) *removal* MB mengalami peningkatan dari 31,78% menjadi 99,09% pada RSP dan 41,46% menjadi 99,97% pada PAS. Peningkatan tersebut terjadi seiring dengan peningkatan penambahan massa dari 50mg hingga 400 mg. Oleh karenanya dapat dikatakan bahwa penambahan massa adsorben berbanding lurus terhadap persentase (%) *removal* zat warna MB. Semakin banyak jumlah adsorben yang ditambahkan maka luas permukaan adsorben akan semakin banyak sehingga kemampuan adsorpsinya juga bertambah (Kumar & Kumaran, 2005). Kemampuan persentase (%) *removal* paling baik ditunjukkan pada PAS yang bisa mencapai

angka 99,97%. Pada pengujian ini massa pemberian adsorben optimum yakni 200 mg karena pada massa pemberian diatas 200 mg peningkatan persentase (%) *removal* tidak terlalu signifikan jika dibandingkan dengan kenaikan persentase (%) *removal* pada penambahan massa adsorben dibawah 200 mg.

4.4.2 Variasi Nilai Derajat Keasaman (pH)

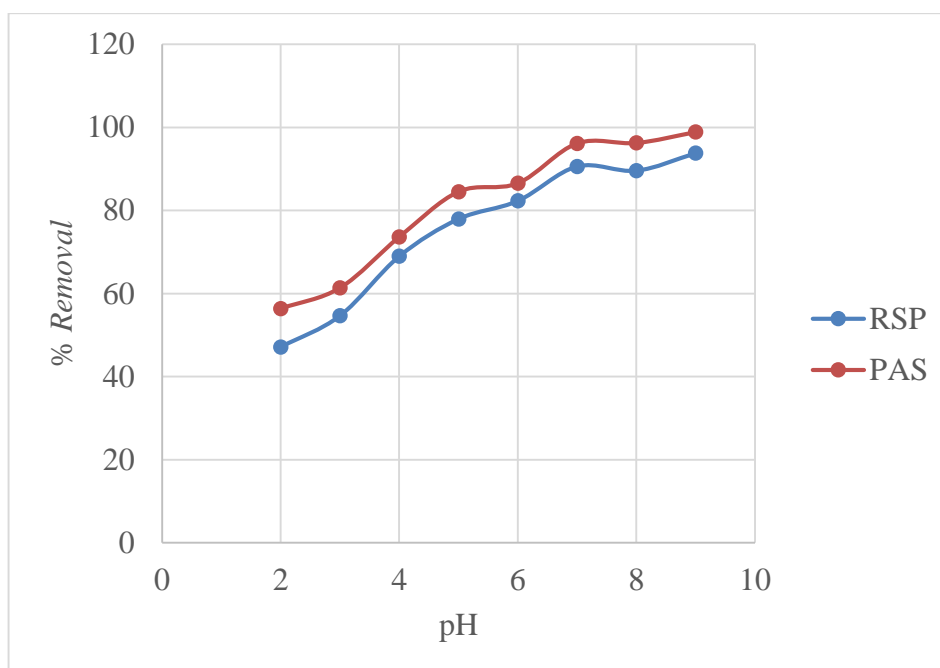
Percobaan variasi nilai derajat keasaman (pH), dilakukan untuk mengetahui nilai derajat keasaman agar mencapai kondisi penyerapan zat warna MB yang optimal. Pengkondisian derajat keasaman (pH) larutan dilakukan dengan cara menambahkan larutan HNO₃ 0,1 M untuk kondisi asam dan NaOH 0,1 M untuk kondisi basa. Selama pengujian dilakukan pemantauan terhadap nilai pH pada awal pengadukan dan setiap 30 menit. Pada percobaan variasi nilai pH ini, massa adsorben yang ditambahkan sebesar 200 mg sesuai dengan massa adsorben optimum. Hasil dari percobaan variasi nilai derajat keasaman (pH) terhadap adsorpsi zat warna MB dengan menggunakan PAS dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Data Percobaan Variasi Nilai Derajat Keasaman (pH)

RSP										
pH	Massa Adsorben (mg)	Inlet Kontrol (ppm)	Inlet (ppm)	pH		Absorbansi (A)	C Pembacaan (ppm)	Faktor Pengenceran	C Equilibrium (ppm)	% Removal
				Awal	Akhir					
2	200	300	274,38	2,68	2,62	1,124	5,801	25	145,025	47,14
3	200	300	274,38	3,70	3,51	0,971	4,976	25	124,40	54,66
4	200	300	274,38	4,72	4,31	0,678	3,405	25	85,125	68,98
5	200	300	274,38	5,57	5,60	0,495	2,421	25	60,525	77,94
6	200	300	274,38	6,47	6,52	0,406	1,943	25	48,575	82,30
7	200	300	274,38	7,28	7,30	0,237	1,032	25	25,800	90,60
8	200	300	274,38	8,40	8,06	0,471	2,289	12,5	28,613	89,57
9	200	300	274,38	9,41	9,33	0,299	1,368	12,5	17,100	93,77
PAS										
pH	Massa Adsorben (mg)	Inlet Kontrol (ppm)	Inlet (ppm)	pH		Absorbansi (A)	C Pembacaan (ppm)	Faktor Pengenceran	C Equilibrium (ppm)	% Removal
				Awal	Akhir					
2	200	300	274,38	2,56	2,67	0,936	4,790	25	119,75	56,36
3	200	300	274,38	3,41	3,12	0,834	4,243	25	106,075	61,34
4	200	300	274,38	4,19	4,19	0,584	2,897	25	72,425	73,60
5	200	300	274,38	5,55	5,27	0,361	1,700	25	42,500	84,51
6	200	300	274,38	6,04	6,65	0,320	1,478	25	36,950	86,53
7	200	300	274,38	7,02	7,55	0,202	0,846	12,5	10,575	96,15
8	200	300	274,38	8,10	8,00	0,200	0,826	12,5	10,325	96,24
9	200	300	274,38	9,05	9,18	0,631	3,152	1	3,152	98,85

(Sumber: Data primer, 2016)

Dari data pada Tabel 4.5 tersebut, didapat bahwa untuk mengetahui hubungan antara penurunan persentase (%) *removal* terhadap variasi nilai pH dapat dilihat pada grafik 4.6 sebagai berikut.



Gambar 4.6 Hubungan Variasi Nilai Derajat Keasaman (pH) Terhadap Persentase (%) *Removal*

(Sumber: Data primer, 2016)

Hasil yang didapat dari grafik pada Gambar 4.6 menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai pH maka persentase (%) *removal* juga meningkat. Namun, PAS dalam percobaan variasi nilai pH memiliki persentase (%) *removal* sedikit lebih besar dari RSP. Persentase *removal* yang dicapai oleh PAS dapat mencapai 98.85% pada pH 9 sedangkan RSP hanya mencapai 93.77%. Kenaikan persentase (%) *removal* berbanding lurus dengan kenaikan nilai pH. Hal ini disebabkan adanya kelebihan ion H^+ pada adsorbat (*protonative*) sehingga terjadi kompetisi penyerapan antara ion H^+ dan MB yang menyebabkan kemampuan adsorben dalam menyerap senyawa MB berkurang, terutama pada PAS (Nasuha, 2010). Pada pengujian ini nilai pH optimum terjadi pada pH 7.

4.4.3 Variasi Waktu

Pengujian variasi waktu juga dilakukan guna mengetahui waktu yang digunakan agar proses adsorpsi memiliki kondisi yang optimal. Pada percobaanya, massa ditambahkan sebanyak 200 mg kedalam 50 ml larutan MB pada pH 7. Sampel yang diuji pada variasi waktu ada empat yakni PAS, RSP, adsorben yang terenkapsulasi *alginate* (PAS-AG), dan adsorben yang terekapsulasi agar (PAS-AR). Pada pengujian sampel PAS dan RSP variasi waktu yang dilakukan adalah selama 15, 30, 60, 90, dan 120 menit, sedangkan untuk pengujian sampel PAS-AG dan PAS-AR selama 60, 120, 240, 360, 720, dan 1440 menit. Hasil dari percobaan variasi waktu terhadap adsorpsi zat warna MB dengan menggunakan PAS dapat dilihat pada Tabel 4.6 sebagai berikut.

Tabel 4.6 Data Percobaan Variasi Waktu (a) PAS & RSP, (b) PAS-AG & PAS-AR

RSP										
Waktu (menit)	Massa Adsorben (mg)	Inlet Kontrol (ppm)	Inlet (ppm)	pH		Absorbansi (A)	C Pembacaan (ppm)	Faktor Pengenceran	C Equilibrium (ppm)	% Removal
				Awal	Akhir					
15	200	300	254,3	7,09	7,15	0,744	5,801	12,5	72,51	71,49
30	200	300	254,3	7,28	7,01	0,733	4,976	12,5	62,20	75,54
60	200	300	254,3	7,08	7,06	0,668	3,405	12,5	42,56	83,26
90	200	300	254,3	7,05	7,15	0,651	2,421	12,5	30,26	88,10
120	200	300	254,3	7,08	7,14	0,510	1,943	12,5	24,29	90,45
PAS										
Waktu (menit)	Massa Adsorben (mg)	Inlet Kontrol (ppm)	Inlet (ppm)	pH		Absorbansi (A)	C Pembacaan (ppm)	Faktor Pengenceran	C Equilibrium (ppm)	% Removal
				Awal	Akhir					
15	200	300	254,3	7,10	7,15	0,635	3,175	12,5	39,69	84,39
30	200	300	254,3	7,02	7,20	0,370	1,748	12,5	21,85	91,41
60	200	300	254,3	7,05	7,05	0,310	1,427	12,5	17,84	92,99
90	200	300	254,3	7,02	7,14	0,309	1,422	12,5	17,78	93,01
120	200	300	254,3	7,01	7,05	0,299	1,367	12,5	17,09	93,28

(a)

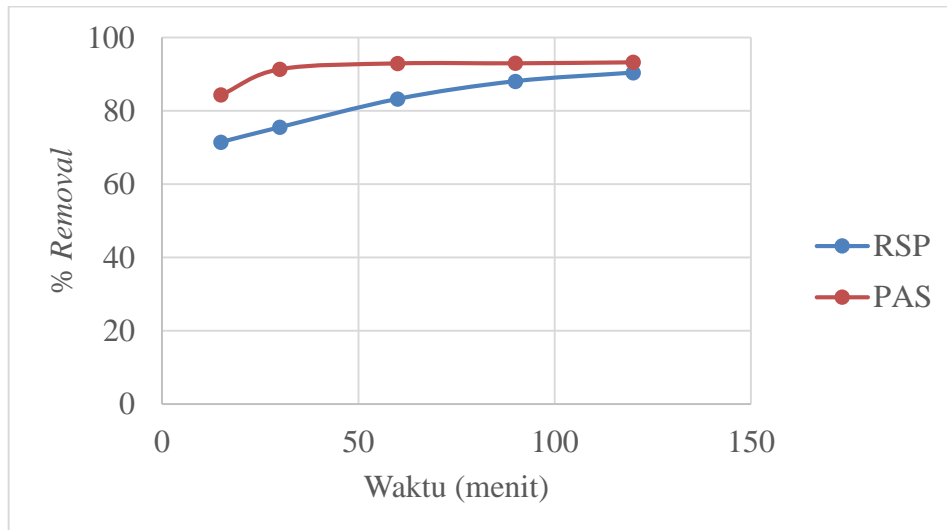
(Sumber: Data primer, 2016)

ENKAPSULASI ALGINATE GEL										
Waktu (menit)	Massa Adsorben (mg)	Inlet Kontrol (ppm)	Inlet (ppm)	pH		Absorbansi (A)	C Pembacaan (ppm)	Faktor Pengenceran	C Equilibrium (ppm)	% Removal
				Awal	Akhir					
60	290	300	270,25	7,09	7,22	0,285	1,292	50	64,60	76,10
120	290	300	270,25	7,11	6,95	0,173	0,691	50	34,55	87,22
240	290	300	270,25	7,36	6,83	0,135	0,484	12,5	6,05	97,76
360	290	300	270,25	7,02	6,95	0,119	0,399	12,5	4,99	98,15
720	290	300	270,25	7,02	6,65	0,047	0,013	100	1,30	99,52
1440	290	300	270,25	7,09	6,46	0,065	0,112	12,5	1,40	99,48
ENKAPSULASI AGAR										
Waktu (menit)	Massa Adsorben (mg)	Inlet Kontrol (ppm)	Inlet (ppm)	pH		Absorbansi (A)	C Pembacaan (ppm)	Faktor Pengenceran	C Equilibrium (ppm)	% Removal
				Awal	Akhir					
60	280	300	290,1	7,16	5,67	0,215	0,915	100	91,50	68,46
120	280	300	290,1	7,00	6,19	0,140	0,521	100	52,10	82,04
240	280	300	290,1	7,04	6,86	0,072	0,146	100	14,60	94,97
360	280	300	290,1	7,04	6,98	0,087	0,229	50	11,45	96,05
720	280	300	290,1	7,30	6,55	0,078	0,177	12,5	2,21	99,24
1440	280	300	290,1	7,01	5,60	0,082	0,199	12,5	2,488	99,14

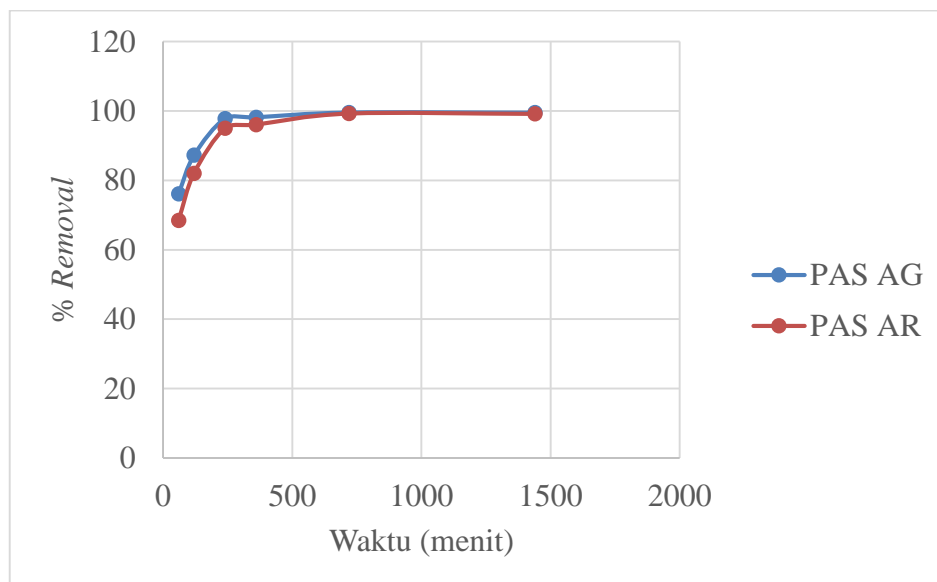
(b)

(Sumber: Data primer, 2016)

Dari ke empat tabel pada Tabel 4.6 kemudian diplotkan dalam bentuk grafik hubungan antara persentase (%) *removal* dengan waktu pengadukan yang tertera pada Gambar 4.7 sebagai berikut:



(a)



(b)

Gambar 4.7 Hubungan Variasi Waktu Terhadap Persentase (%) *Removal*, (a) PAS & RSP, (b) PAS-AG & PAS-AR

(Sumber: Data primer, 2016)

Pada kedua grafik dalam Gambar 4.7 memperlihatkan bahwa lamanya waktu pengadukan berbanding lurus dengan persentase (%) *removal*. Namun, secara umum grafik diatas mengalami peningkatan. Hasil grafik diatas menunjukkan bahwa waktu yang dibutuhkan oleh adsorben PAS-AG dan PAS-AR lebih lama dibandingkan dengan adsorben PAS dan RSP. Hal ini disebabkan karena pada adsorben PAS-AG dan PAS-AR permukaannya diselubungi oleh *alginate* dan agar sehingga laju kinetik adsorbennya menjadi lebih lambat. Pada pengujian ini waktu optimum yang dibutuhkan adsorben PAS dan RSP dalam mengadsorpsi MB yakni selama 30 menit sedangkan pada adsorben PAS-AG dan PAS-AR membutuhkan waktu selama 4 jam.

4.4.4 Variasi Konsentrasi

Dalam pengujiannya, dilakukan dengan menginteraksikan 200 mg adsorben kedalam 50 ml larutan MB pada kondisi pH 7. Namun, untuk variabel waktu pengadukan dilakukan selama 2 jam. Hasil percobaan tertera sebagaimana dalam Tabel 4.7 berikut.

Tabel 4.7 Data Percobaan Variasi Konsentrasi (a) PAS & RSP, (b) PAS-AG & PAS-AR

RSP									
Konsentrasi (ppm)	Massa Adsorben (mg)	Inlet (ppm)	pH		Absorbansi (A)	C Pembacaan (ppm)	Faktor Pengenceran	C Equilibrium (ppm)	% Removal
			Awal	Akhir					
150	200	100,4	7,07	7,30	0,231	1,004	1	1,00	99,00
300	200	266,4	7,12	6,66	0,19	0,779	50	38,95	85,38
400	200	385,1	7,01	7,00	0,451	2,182	50	109,10	71,67
800	200	782	7,06	7,08	0,954	4,888	100	488,80	37,49
1000	200	1010,8	7,19	7,13	0,590	2,932	250	733,00	27,48

PAS									
Konsentrasi (ppm)	Massa Adsorben (mg)	Inlet (ppm)	pH		Absorbansi (A)	C Pembacaan (ppm)	Faktor Pengenceran	C Equilibrium (ppm)	% Removal
			Awal	Akhir					
150	200	100,4	7,05	6,90	0,078	0,178	1	0,18	99,82
300	200	266,4	7,08	6,70	0,176	0,709	50	35,45	86,69
400	200	385,1	7,14	6,82	0,444	2,145	50	107,25	72,15
800	200	782	7,07	6,78	0,948	4,853	100	485,30	37,94
1000	200	1010,8	7,07	6,85	0,571	2,83	250	707,50	30,00

(a)

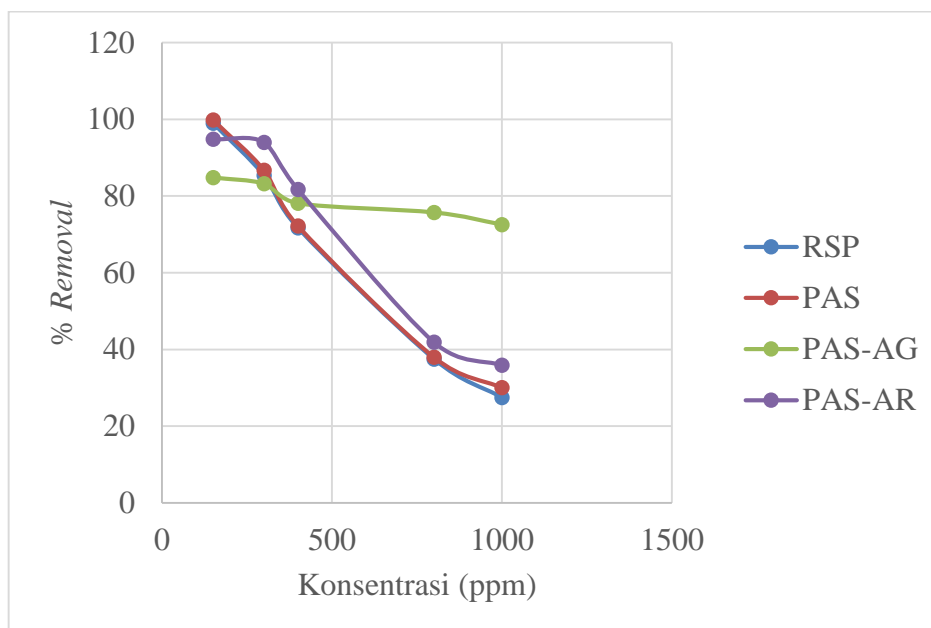
(Sumber: Data primer, 2016)

ENKAPSULASI ALGINATE GEL									
Konsentrasi (ppm)	Massa Adsorben (mg)	Inlet (ppm)	pH		Absorbansi (A)	C Pembacaan (ppm)	Faktor Pengenceran	C Equilibrium (ppm)	% Removal
			Awal	Akhir					
150	290	138,9	7,03	6,20	0,084	0,211	100	21,10	84,81
300	290	296,9	7,12	6,78	0,137	0,499	100	49,90	83,19
400	290	363,1	7,12	6,85	0,193	0,796	100	79,60	78,08
800	290	784,6	7,03	6,81	0,400	1,908	100	190,80	75,68
1000	290	994,6	7,02	6,96	0,553	2,733	100	273,30	72,52

ENKAPSULASI AGAR									
Konsentrasi (ppm)	Massa Adsorben (mg)	Inlet (ppm)	pH		Absorbansi (A)	C Pembacaan (ppm)	Faktor Pengenceran	C Equilibrium (ppm)	% Removal
			Awal	Akhir					
150	280	101,1	7,36	7,16	1,025	5,264	1	5,26	94,79
300	280	262,2	7,29	6,95	0,074	0,158	100	15,80	93,97
400	280	347,3	7,34	6,86	0,163	0,637	100	63,70	81,66
800	280	727,7	7,14	6,81	0,832	4,231	100	423,10	41,86
1000	280	994,6	7,12	6,79	1,232	6,378	100	637,80	35,87

(b)

(Sumber: Data primer, 2016)



Gambar 4.8 Hubungan Variasi Konsentrasi Terhadap Persentase (%) *Removal*

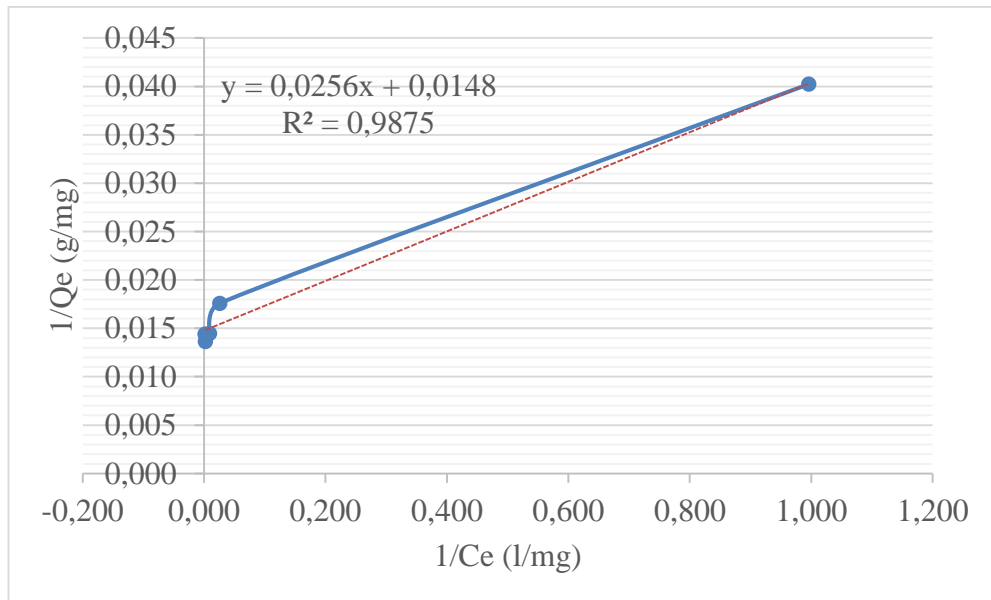
(Sumber: Data primer, 2016)

Dari data Tabel 4.8 kemudian direpresentasi dalam bentuk grafik hubungan variasi konsentrasi dengan persentase (%) *removal*. Hasil yang didapat bahwa semakin besar konsentrasi maka persentase (%) *removal* semakin kecil. Namun, dari grafik tersebut kinerja persentase (%) *removal* RSP dengan PAS relatif sama hanya persentase (%) PAS lebih baik dibandingkan RSP. Sedangkan penurunan persentase (%) *removal* dari enkapsulasi agar lebih besar dari enkapsulasi agar. Konsentrasi optimum pada pengujian variasi konsentrasi adalah 300 ppm. Penurunan persentase (%) *removal* pada pengujian konsentrasi ini disebabkan penambahan jumlah adsorbat dalam larutan dan adsorben sudah mulai jenuh sehingga kemampuan adsorpsinya berkurang.

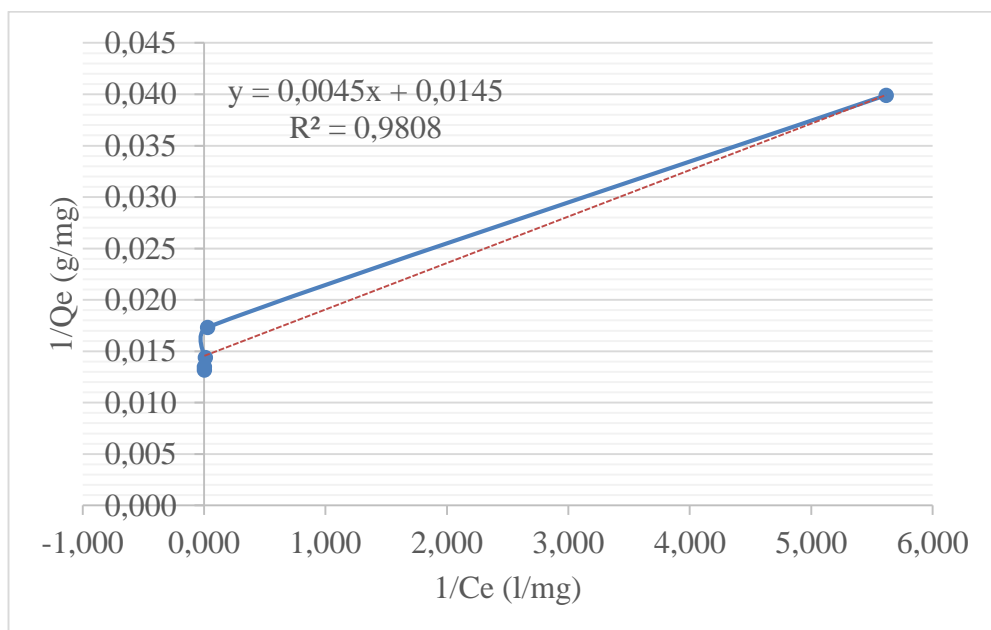
4.5 Isoterm Adsorpsi

Isoterm adsorpsi merupakan suatu metode untuk memodelkan proses adsorpsi antara MB dengan adsorben. Pada penelitian ini, masing-masing adsorben yakni RSP, PAS, PAS-AG, PAS-AR akan dibuat model *langmuir* dan *freundlich*.

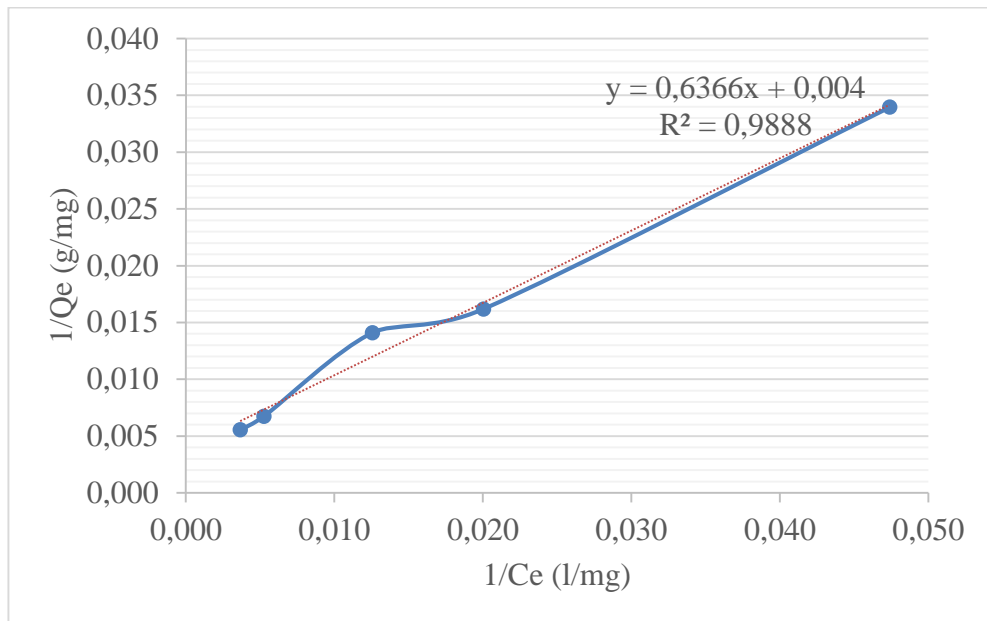
Untuk grafik model isoterm *langmuir* dapat dilihat pada Gambar 4.9 sebagai berikut:



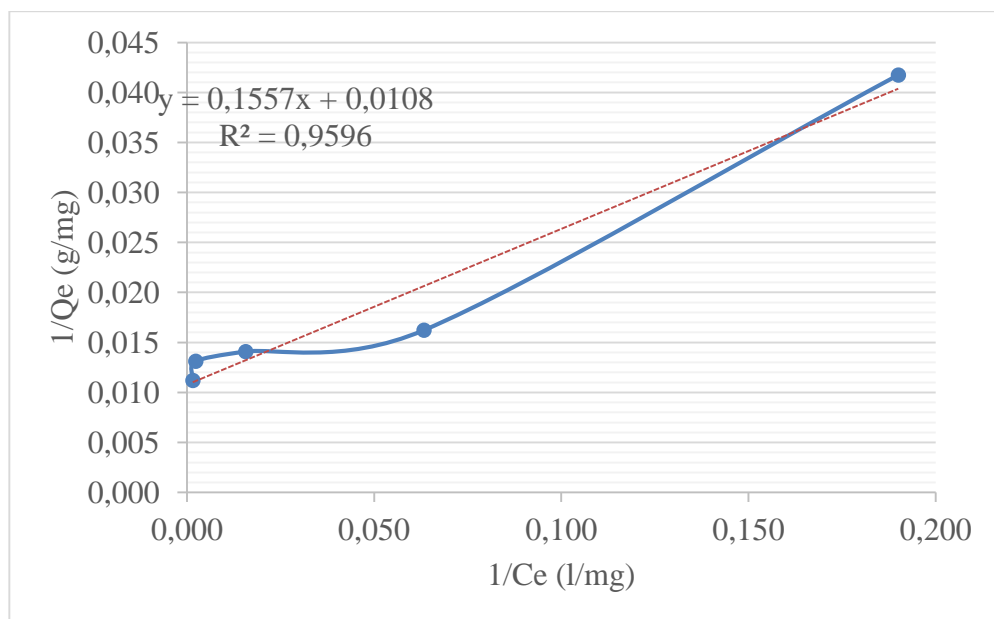
(a)



(b)



(c)



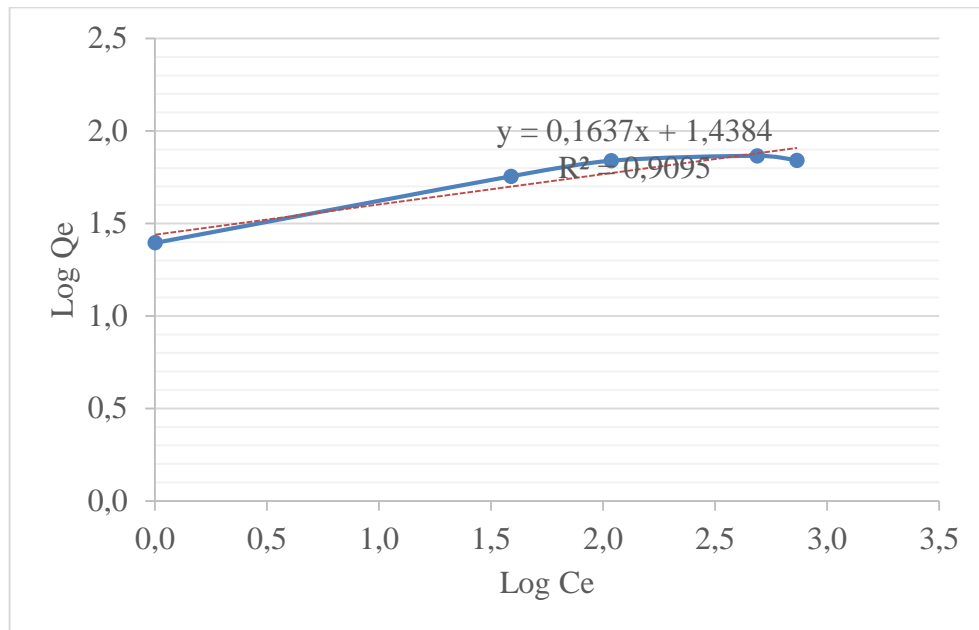
(d)

Gambar 4.9 Isoterm Adsorpsi *Langmuir* (a) RSP; (b) PAS; (c) PAS-AG;

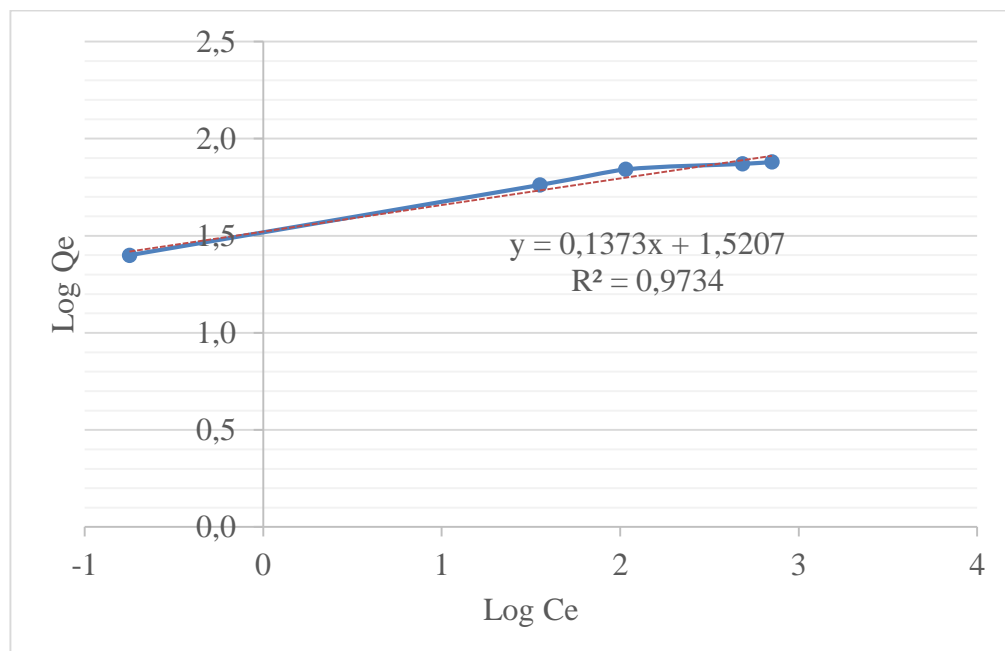
(d) PAS-AR

(Sumber: Data primer, 2016)

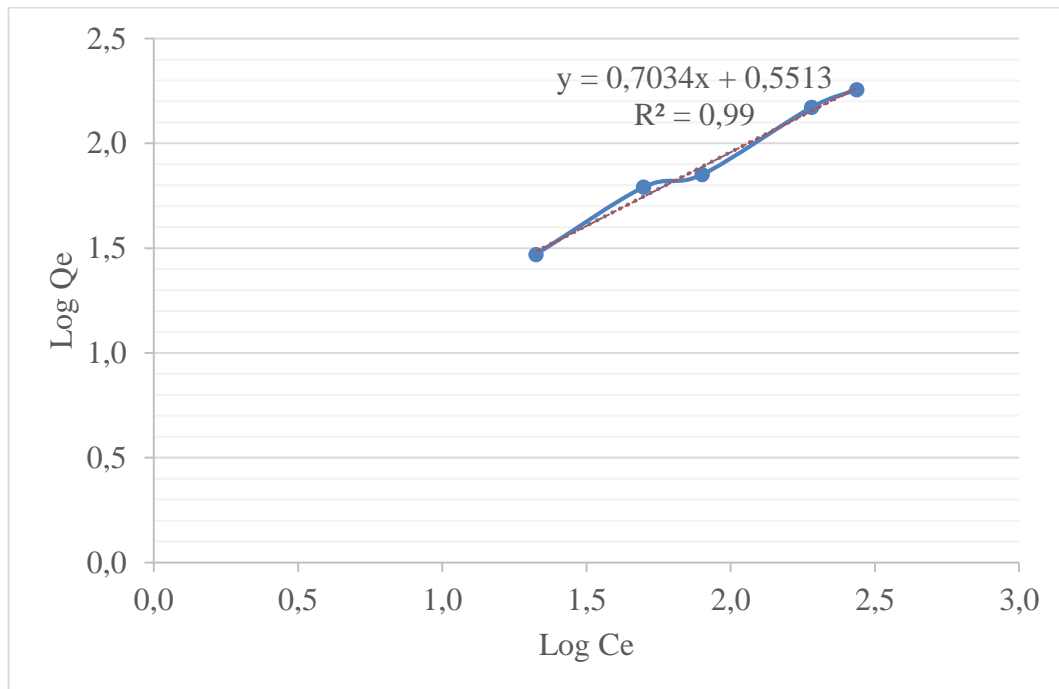
Sedangkan untuk model adsorpsi *freundlich* pada adsroben RSP, PAS, PAS-AG dan PAS-AR dapat dilihat pada Gambar 4.10 sebagai berikut:



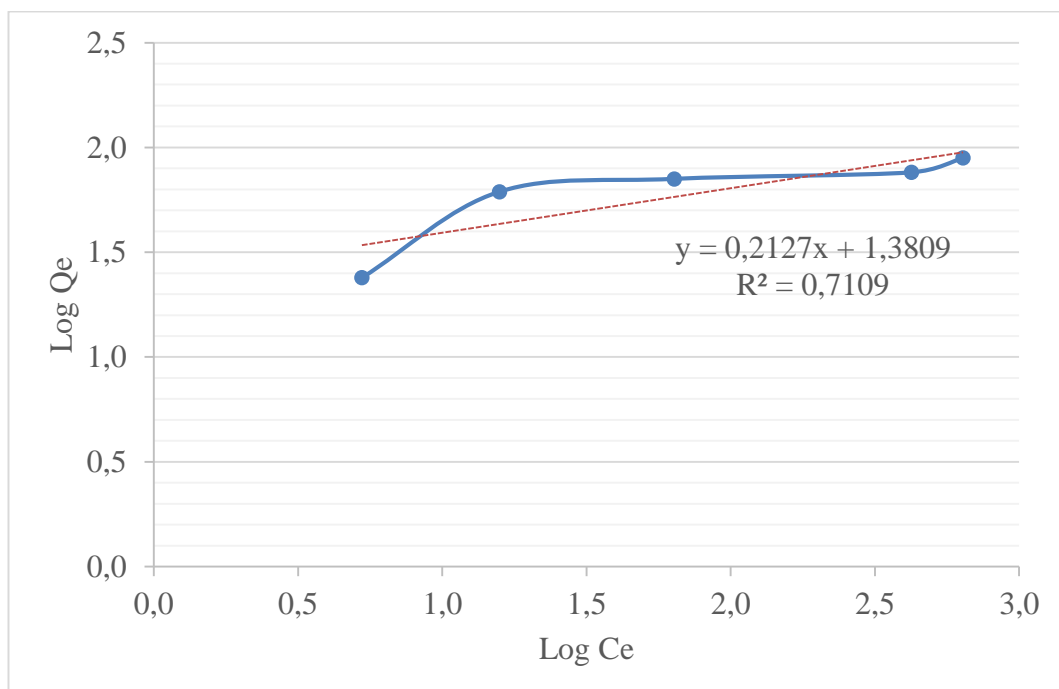
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 4.110 Isoterm Adsorpsi *Freundlich* (a) RSP; (b) PAS; (c) PAS-AG; (d) PAS-AR

(Sumber: Data primer, 2016)

Untuk menentukan model adsorpsi yang cocok pada masing-masing sampel akan dibandingkan nilai R^2 pada grafik isoterm dimana grafik dengan nilai R^2 yang paling besar merupakan model adsorpsi yang digunakan pada sampel tersebut.

Tabel 4.8 Hasil Dari Pemodelan Isoterm *Langmuir & Freundlich*

	LANGMUIR			FRUNDLICH		
	Qm (mg/g)	K _L (l/mg)	R ²	K _F	n	R ²
PAS	68,5	0,0045	0,9808	4,575	7,279	0,9734
RSP	67,6	0,0256	0,9875	4,21	6,109	0,9095
PAS-AG	172,4	0,9230	0,9888	1,477	1,421	0,9900
PAS-AR	66,2	0,2180	0,9696	3,438	4,7016	0,7109

(Sumber: Data primer, 2016)

Berdasarkan data dari Tabel 4.8, didapat bahwa untuk semua sampel menunjukkan model isoterm *langmuir*. Model isoterm *langmuir* menunjukkan bahwa interaksi antara adsorben dan sorbat terjadi pada satu lapisan dipermukaan adsorben (*monolayer*). Selain itu, untuk metode enkapsulasi yang paling baik adalah enkapsulasi dengan *alginate gel* karena dari model isoterm nya memiliki nilai Qm yang lebih besar dibandingkan dengan enkapsulasi dengan agar yakni dengan nilai Qm pada enkapsulasi *alginate gel* 172,4 mg/g sedangkan enkapsulasi dengan agar hanya sebesar 66,2 mg/g. Kemampuan adsorpsi dari adsorben terenkapsulasi *alginate* sangat baik dikarenakan adanya kandungan gugus COOH (karboksil) pada *alginate* dapat menambah *site* untuk menangkap muatan MB⁺ dalam air.