

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Umum

Penelitian ini merupakan penelitian lanjutan dari penelitian sebelumnya dengan menggunakan bahan baku berupa limbah baglog sebagai media adsorpsi limbah warna dalam hal ini kami menggunakan *Methylene Blue*. Dimana pada penelitian sebelumnya melakukan aktivasi dengan Asam Klorida (HCl) 1M sedangkan pada penelitian lanjutan ini kami menggunakan Asam Sitrat ($C_6H_8O_7$) 1M. Langkah pertama yang dilakukan adalah melakukan pengumpulan limbah baglog dari petani jamur kemudian melakukan pencucian dan pengeringan. Langkah selanjutnya adalah menghaluskan baglog dengan cara diblender hingga menjadi serbuk kemudian disaring menggunakan *Shieve Shaker*. Setelah disaring, serbuk baglog diaktivkan menggunakan larutan Asam Sitrat ($C_6H_8O_7$) 1M yang bertujuan untuk mengaktifkan gugus fungsi baru untuk mengikat limbah warna dan memperoleh luas permukaan yang lebih luas. Langkah selanjutnya adalah melakukan uji FTIR dan SEM untuk mengetahui perubahan fisik dan kimia dari Biosorben yang tidak teraktivasi maupun yang teraktivasi. Untuk memperoleh data optimum, maka dilakukan uji variasi massa, variasi pH, variasi waktu dan variasi konsentrasi yang dilakukan pada biosorben non-aktivasi dan biosorben teraktivasi serta pada biosorben terenkapsulasi yang kemudian larutan dibaca menggunakan Spektrofotometer UV-VIS sehingga diperoleh data untuk mengetahui kemampuan optimum biosorben. Penggunaan metode enkapsulasi *alginate gel* diharapkan meningkatkan kemampuan biosorben dalam mengikat zat warna *Methylene Blue* serta mempermudah proses pemisahan antara biosorben dan limbah yang telah diolah. Dari data konsentrasi diperoleh data untuk menentukan model *isotherm* untuk mengetahui kapasitas kemampuan penyerapan biosorben terhadap larutan uji yaitu berupa model *isotherm* Langmuir dan model

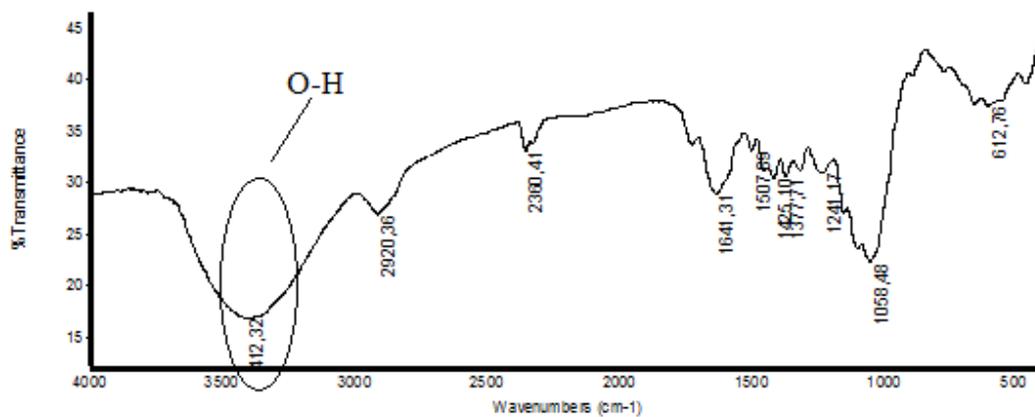
isotherm Freundlich sehingga diperoleh biosorben yang paling efektif dalam menyerap larutan uji.

4.2 Karakterisasi Biosorben Baglog

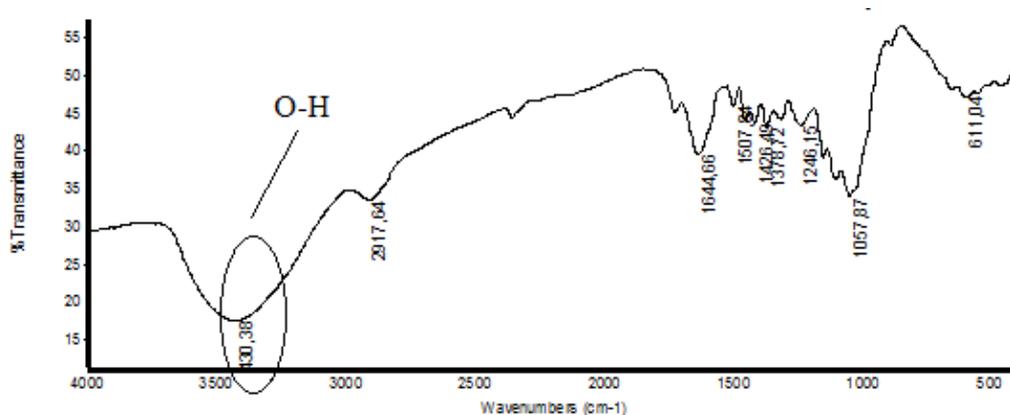
Untuk mengetahui karakterisasi dari biosorben baglog yang akan diuji pada percobaan ini maka dilakukan analisis gugus fungsi biosorben baglog dengan *Fourier Transform Infrared* (FTIR) dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM).

4.2.1 Karakterisasi FTIR

Pengujian menganalisis karakterisasi biosorben non-aktivasi maupun biosorben teraktivasi menggunakan teknik *Fourier Transform Infrared* (FTIR) bertujuan untuk mengetahui gugus fungsional senyawa yang ada pada biosorben *baglog*. Hasil dari analisis FTIR pada biosorben *baglog* yang tidak teraktivasi maupun yang tidak teraktivasi dapat dilihat pada Gambar 4.1 dan 4.2 dibawah ini.



Gambar 4.1 Analisis FTIR Biosorben Non-Aktivasi
Sumber : Data Primer, 2016



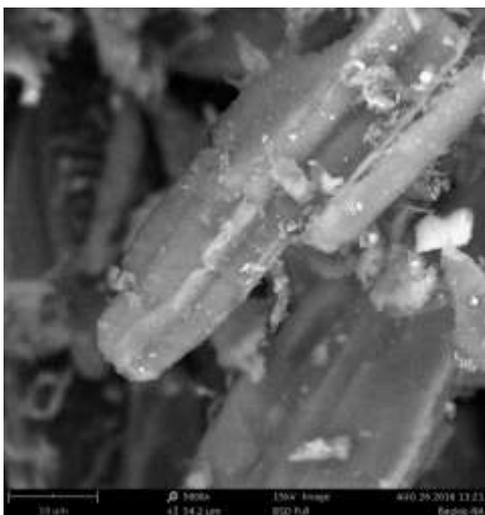
Gambar 4.2 Analisis FTIR Biosorben teraktivasi

Sumber : Data Primer, 2016

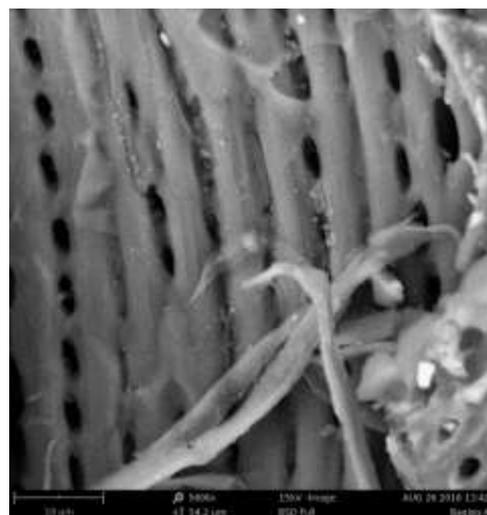
Menurut Lambert, 1987 hasil pembacaan FTIR biosorben yang tidak teraktivasi maupun yang teraktivasi masing-masing menunjukkan frekuensi $3412,32\text{ cm}^{-1}$ untuk biosorben tidak teraktivasi dan $3430,38\text{ cm}^{-1}$ untuk biosorben teraktivasi yang menunjukkan bahwa terdapat gugus fungsi O-H dan NH_2 , dimana gugus O-H menunjukkan gugus hidroksil yang memiliki muatan negatif dan dapat melakukan pengikatan terhadap *Methylene Blue* yang memiliki gugus positif. Untuk frekuensi lainnya dan gugus fungsi yang terdapat didalamnya bisa dilihat pada Lampiran 1.B.

4.2.2 Karakterisasi SEM-EDX

Penggunaan alat SEM (Scanning Electron Microscope) bertujuan untuk mengetahui gambaran bentuk permukaan dari material biosorben sedangkan EDX (Energy Dispersive X-ray) bertujuan menganalisis sampel komposisi molekul biosorben. Dengan mengetahui bentuk permukaan biosorben dan komposisi molekul biosorben secara kuantitatif maka akan dapat mengetahui perubahan yang terjadi setelah proses aktivasi menggunakan asam sitrat. Pengujian dilakukan terhadap biosorben non-aktivasi dan teraktivasi dengan sebesar 5000x perbesaran.



Gambar 4.3 Analisis SEM Biosorben
Non-Aktivasi



Gambar 4.4 Analisis SEM Biosorben
Teraktivasi

Sumber : Data Primer, 2016

Dari perbandingan Gambar 4.3 dan Gambar 4.4 tersebut dapat dilihat bentuk morfologi adsorben didalam penelitian ini, dari tampak permukaan keseluruhan terdapat perbedaan yang signifikan dari kedua jenis baglog tersebut pada perbesaran 5000x. Bentuk permukaan dari biosorben non-aktivasi terlihat tidak terlalu memiliki banyak pori sedangkan pada biosorben teraktivasi terdapat banyak pori-pori dan berukuran jauh lebih besar dibandingkan dengan biosorben non-aktivasi. Hal ini membuktikan bahwa dengan proses aktivasi menggunakan asam sitrat dapat menambah jumlah pori-pori biosorben sehingga kemampuan menyerap kemampuan *Methylene Blue* untuk proses adsorpsi meningkat.

Tabel 4.1 Analisis EDX Biosorben

No.	Atom	Presentase (%)	
		Non-Aktivasi	Aktivasi
1	O	73,4%	80,3%
2	C	21,4%	15,7%
3	Si	3,0%	1,8%
4	Ca	2,2%	2,1%
5	Sn	-	0,2%

Sumber : Data Primer, 2016

Dari Tabel 4.1 dapat dilihat terjadi perubahan komposisi dari biosorben sebelum diaktivasi maupun teraktivasi. Seperti pada atom O sebelum diaktivasi menunjukkan angka 73,4% sedangkan setelah teraktivasi mengalami peningkatan dan menunjukkan angka 80,3% dan hal ini memungkinkan bahwa terjadi peningkatan kemampuan penyerapan biosorben terhadap *Methylene Blue*.

4.3 Uji Penentuan Massa Optimum

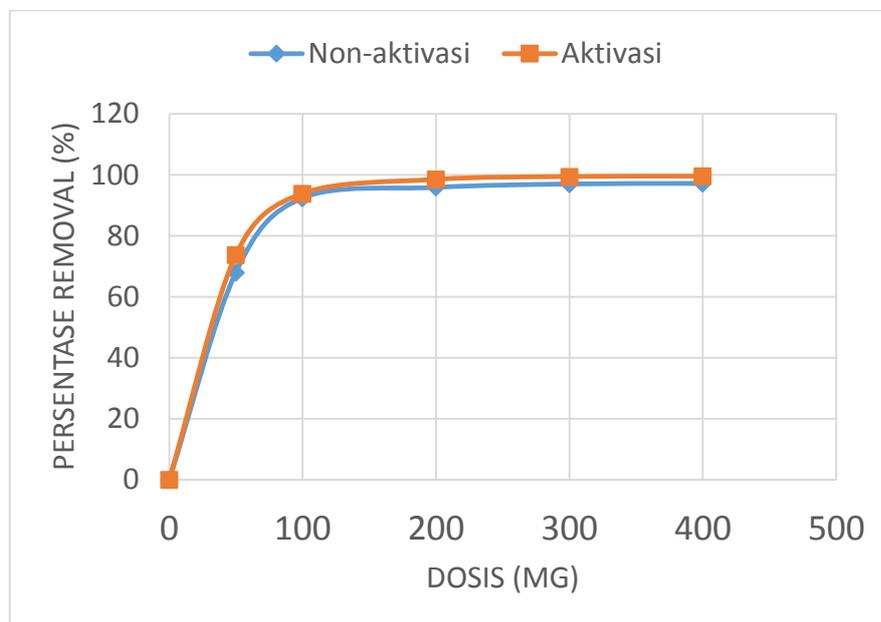
Percobaan ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan penyerapan biosorben yang tidak teraktivasi maupun yang teraktivasi terhadap *Methylene Blue*. Adapun variasi massa biosorben yang digunakan pada kedua jenis biosorben adalah 50 mg, 100 mg, 200 mg, 300 mg dan 400 mg dengan volume larutan *Methylene Blue* 50 ml dan konsentrasi 150 ppm pada waktu pengadukan 120 menit dengan kecepatan 150 rpm pada pH dan menguji larutan menggunakan Spektrofotometer UV-VIS.

Hasil uji coba dan data penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.2 dan Gambar 4.5 berikut.

Tabel 4.2 Data Variasi Masa Optimum

No	Massa (mg)	pH Awal	pH Akhir	C Awal (ppm)	C Akhir (ppm)	Persentase Removal %
Non-Aktivasi						
1	50	5,94	5,97	149,08	47,68	68,01%
2	100	5,99	6,04	149,08	11,31	92,41%
3	200	5,93	5,98	149,08	6,13	95,89%
4	300	5,88	5,94	149,08	4,47	97,00%
5	400	6,01	6,01	149,08	4,21	97,18%
Aktivasi						
1	50	6,07	6,00	149,08	39,16	73,73%
2	100	6,05	5,96	149,08	9,13	93,88%
3	200	5,99	5,88	149,08	2,24	98,50%
4	300	5,97	5,93	149,08	0,86	99,42%
5	400	5,99	5,77	149,08	0,70	99,53%

Sumber : Data Primer, 2016



Gambar 4.5 Grafik Presentase Removal Massa Optimum Biosorben

Sumber : Data Primer, 2016

Dari Tabel 4.2 dapat dilihat terjadi kenaikan pH pada biosorben non-aktivasi dan penurunan pH pada biosorben teraktivasi. Hal ini disebabkan oleh pada biosorben non-aktivasi sendiri merupakan baglog murni dimana salah komposisi baglog adalah gamping yang memiliki sifat basa sehingga pH relatif meningkat sedangkan pada biosorben aktivasi yang merupakan modifikasi menggunakan asam sitrat sehingga memiliki sifat asam meskipun setelah proses aktivasi telah dilakukan pencucian untuk menetralkan pH.

Dari Tabel 4.2 dan Gambar 4.5 semakin tinggi massa biosorben yang digunakan, maka kemampuan removal biosorben untuk menyerap *Methylene Blue* semakin meningkat. Namun, peningkatan kemampuan penyerapan *Methylene Blue* tidak terlihat signifikan setelah massa 100mg baik untuk biosorben yang tidak teraktivasi maupun biosorben yang teraktivasi dikarenakan biosorben telah mengalami kondisi equilibrium pada massa tersebut. Untuk biosorben non-aktivasi pada massa 100mg kemampuan removal mencapai 90% sedangkan untuk biosorben yang teraktivasi kemampuan removal hingga 92% sehingga untuk kondisi optimum massa adalah 100mg karena memiliki kemampuan penyerapan yang signifikan dari massa sebelumnya namun setelah massa tersebut, kemampuan removal tidak meningkat secara signifikan.

4.4 Uji Penentuan pH Optimum

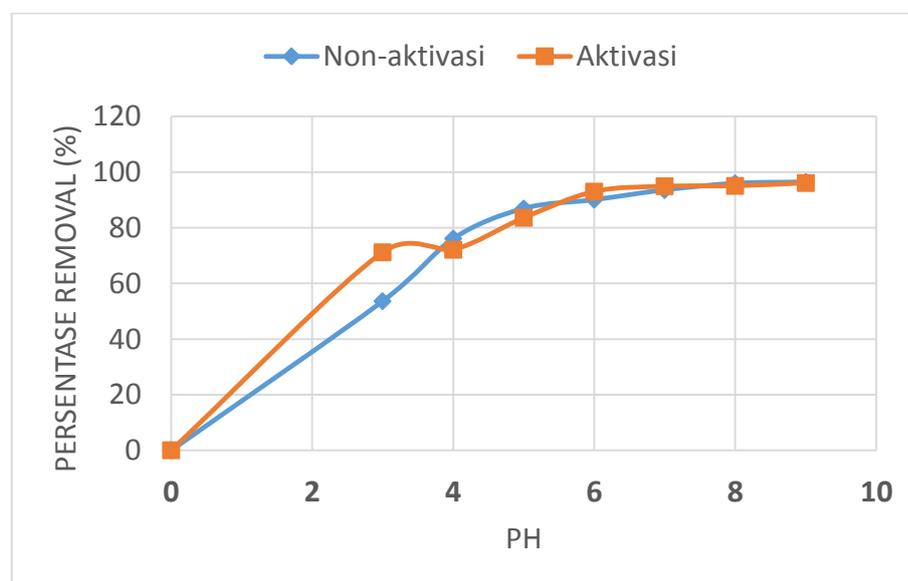
Percobaan ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh pH terhadap kemampuan penyerapan biosorben yang tidak teraktivasi maupun yang teraktivasi terhadap *Methylene Blue*. Adapun variasi pH yang digunakan pada kedua jenis biosorben adalah 3, 4, 5, 6, 7, 8 dan 9 dengan massa optimum untuk kedua jenis biosorben dan perlakuan yang sama seperti percobaan sebelumnya. Untuk mengatur pH agar tetap stabil pada variasi pH yang ditentukan, digunakan larutan NaCl dan HNO₃.

Hasil uji coba dan data penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.3 dan Gambar 4.6.

Tabel 4.3 Data Variasi pH Optimum

No.	Massa (mg)	pH Rencana	pH Awal	pH Akhir	C Awal (ppm)	C Akhir (ppm)	Persentase Removal %
Non Aktivasi							
1	100	3	3,23	3,11	149,08	3,64	53,60%
2	100	4	4,04	4,00	149,08	2,38	76,05%
3	100	5	5,04	5,27	149,08	2,79	86,91%
4	100	6	6,12	6,2	149,08	2,47	90,05%
5	100	7	6,97	7,12	149,08	1,91	93,58%
6	100	8	8,02	7,72	149,08	6,05	95,94%
7	100	9	8,92	8,5	149,08	5,32	96,43%
Aktivasi							
1	100	3	2,91	2,97	149,08	0,33	71,17%
2	100	4	4,04	4,01	149,08	0,44	72,11%
3	100	5	5,05	4,79	149,08	0,31	83,53%
4	100	6	5,98	6,02	149,08	0,40	92,99%
5	100	7	7,11	7,17	149,08	0,29	94,88%
6	100	8	7,94	7,92	149,08	1,37	95,05%
7	100	9	8,94	8,47	149,08	1,08	96,08%

Sumber : Data Primer, 2016



Gambar 4.6 Grafik Presentase Removal pH Optimum Biosorben

Sumber : Data Primer, 2016

Pengujian variasi pH merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi penyerapan zat warna oleh adsorben (Alencar et al, 2012 dalam Yan dan Wang, 2013). Ketika pH larutan di bawah 3, permukaan biosorben bermuatan positif karena protonasi gugus amino menyebabkan gaya tolak elektrostatik antara situs aktif bermuatan positif pada adsorben dan molekul kationik *Methylene Blue* sehingga kapasitas adsorpsi terhadap ion *Methylene Blue* menurun. Namun, pada saat nilai pH menjadi 3 terjadi peningkatan kapasitas adsorpsi yang disebabkan interaksi antara adsorben dan adsorbat, karena ada gugus aromatik di permukaan biosorben dan *Methylene Blue*. Ketika pH larutan lebih dari 3 terjadi deprotonasi gugus fenolik di permukaan biosorben, dan efisiensi removal *Methylene Blue* akan meningkat secara signifikan. pH optimum yang akan digunakan untuk tahap percobaan selanjutnya adalah pada pH 7 baik biosorben non-aktivasi maupun teraktivasi. Hal ini disebabkan pada pH 7 telah diperoleh presentase removal untuk biosorben yang tidak teraktivasi sebesar 94% dan teraktivasi sebesar 95%. Dengan kata lain pada pH 7 proses adsorpsi mengalami kesetimbangan sehingga pada pH lebih dari 8 kapasitas adsorpsi untuk kedua jenis biosorben tidak mengalami kenaikan yang signifikan. Selain itu, pada pH tersebut *Methylene Blue* mengalami presipitasi.

4.5 Uji Penentuan Waktu Kontak Optimum

Waktu kontak antar biosorben dengan larutan uji sangat penting dilakukan untuk mengetahui kemampuan removal biosorben. Namun, kemampuan penyerapan biosorben terhadap larutan uji tidak selalu optimum pada waktu kontak yang lama karena beberapa jenis biosorben hanya memerlukan waktu yang sedikit untuk menyerap dan apabila melewati waktu optimum kemampuan removal bisa saja mengalami penurunan.

Percobaan ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh waktu terhadap kemampuan penyerapan biosorben yang tidak teraktivasi, teraktivasi dan terenkapsulasi terhadap *Methylene Blue*. Adapun variasi waktu yang digunakan pada biosorben non-aktivasi dan teraktivasi adalah 15 menit, 30 menit, 60 menit, 90 menit dan 120 menit sedangkan variasi waktu untuk biosorben yang

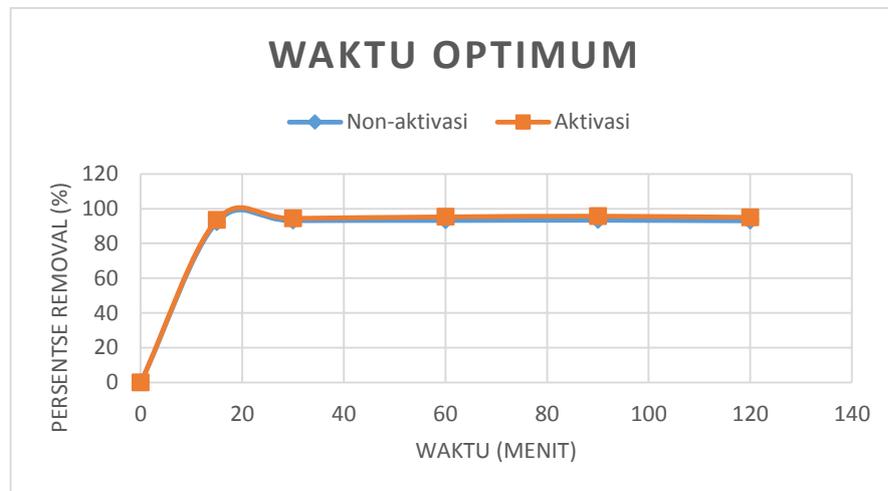
terenkapsulasi adalah 1, 2, 4, 6, 12 dan 24 jam dengan kondisi pengujian yang sama seperti penelitian sebelumnya.

Hasil uji coba dan data penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.4, Gambar 4.7 dan Gambar 4.8.

Tabel 4.4 Data Variasi Waktu Kontak Optimum

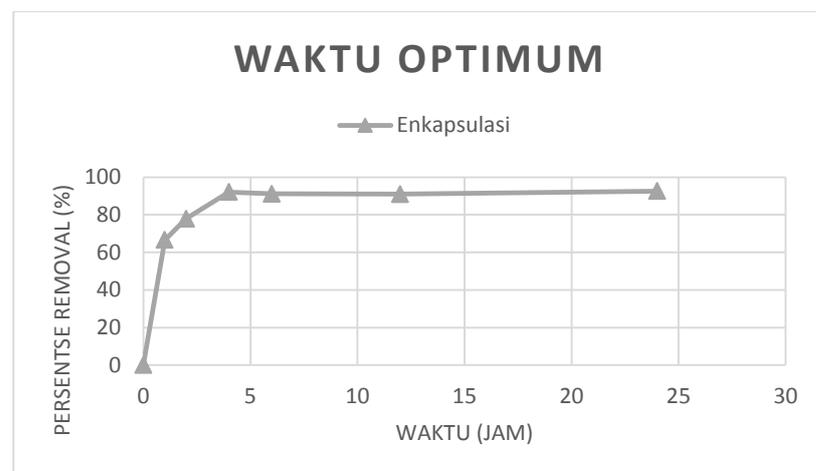
No	Masa (mg)	Waktu Rencana (menit)	pH Awal	pH Akhir	C Awal (ppm)	C Akhir (ppm)	Persentase Removal %
Non-Aktivasi							
1	100	15	7,00	7,23	149,08	11,54	92,26%
2	100	30	7,00	7,16	149,08	10,20	93,16%
3	100	60	7,01	7,12	149,08	10,05	93,26%
4	100	90	6,96	7,25	149,08	9,85	93,39%
5	100	120	7,04	7,23	149,08	10,36	93,05%
Aktivasi							
1	100	15	7,07	6,99	149,08	9,83	93,41%
2	100	30	7,07	6,91	149,08	8,40	94,36%
3	100	60	7,02	6,96	149,08	7,11	95,23%
4	100	90	6,99	7,11	149,08	6,46	95,67%
5	100	120	7,01	7,06	149,08	7,48	94,98%
Enkapsulasi							
1	100	60	7,03	7,02	149,08	49,83	66,58%
2	100	120	7,09	7,04	149,08	32,90	77,93%
3	100	240	7,09	7,03	149,08	11,80	92,08%
4	100	360	7,01	6,96	149,08	13,15	91,18%
5	100	720	7,05	7,00	149,08	13,40	91,01%
6	100	1440	7,03	6,96	149,08	11,05	92,59%

Sumber : Data Primer, 2016



Gambar 4.7 Grafik Presentase Removal Waktu Optimum Biosorben Non-Aktivasi dan Aktivasi

Sumber : Data Primer, 2016



Gambar 4.8 Grafik Presentase Removal Waktu Optimum Biosorben Terenkapsulasi

Sumber : Data Primer, 2016

Dari data Tabel 4.4, Gambar 4.7 dan Gambar 4.8 diatas, pada biosorben non-aktivasi dan biosorben teraktivasi terjadi peningkatan drastis pada waktu pengadukan 15menit namun pada waktu 30menit, 60menit dan 90menit kemampuan removal terhadap *Methylene Blue* tidak meningkat secara signifikan. Sedangkan pada waktu 120 menit terjadi penurunan kemampuan removal yang mungkin disebabkan oleh proses desorpsi. Pada biosorben terenkapsulasi terjadi

peningkatan drastis pada waktu 1jam menuju 4jam. Namun setelah 4jam kemampuan removal dari biosorben terenkapsulasi menurun sehingga mungkin pada waktu lebih dari 4jam biosorben terenkapsulasi mengalami proses desorpsi. Kemampuan removal biosorben non-aktivasi pada waktu kontak 15menit adalah 92% sedangkan biosorben teraktivasi memiliki kemampuan removal 93%. Untuk biosorben terenkapsulasi pada waktu kontak 4 jam kemampuan removal mencapai 92%.

4.6 Variasi Konsentrasi *Methylene Blue*

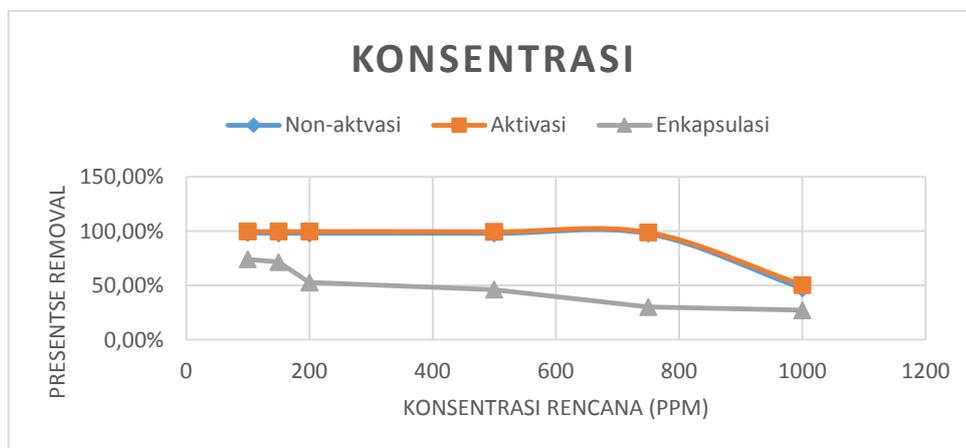
Percobaan ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan penyerapan biosorben non-aktivasi, teraktivasi dan terenkapsulasi terhadap variasi konsentrasi *Methylene Blue*. Variasi konsentrasi yang digunakan pada kedua jenis biosorben adalah 100ppm, 150ppm, 200ppm, 500ppm, 750ppm dan 1000ppm dengan massa, pH dan waktu kontak optimum pada larutan uji dan kecepatan pengadukan yang sama seperti percobaan sebelumnya yaitu 50ml *Methylene Blue* dengan kecepatan 150rpm.

Hasil uji coba dan data penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.5 dan Gambar 4.9.

Tabel 4.5 Data Variasi Konsentrasi *Methylene Blue*

No	Masa (mg)	Konsentrasi Rencana (ppm)	pH Awal	pH Akhir	C Awal (ppm)	C Akhir (ppm)	Persentase Removal %
Non-Aktivasi							
1	100	100	7,08	7,22	93,42	1,40	98,50%
2	100	150	7,06	7,45	142,67	2,75	97,96%
3	100	200	7,06	7,55	196,72	4,13	98,07%
4	100	500	7,05	7,08	468,49	246,60	97,90%
5	100	750	7,08	7,11	722,83	443,75	97,55%
6	100	1000	7,08	7,07	920,20	723,50	47,36%
Aktivasi							
1	100	100	7,05	7,03	93,42	0,25	99,73%
2	100	150	7,06	6,97	142,67	0,37	99,70%
3	100	200	7,03	7,01	196,72	0,92	99,74%
4	100	500	7,01	7,00	468,49	232,10	99,53%
5	100	750	7,06	7,01	722,83	434,00	98,85%
6	100	1000	7,05	7,01	920,20	684,25	50,46%
Enkapsulasi							
1	0,1474	100	7,05	6,95	93,42	24,21	74,08%
2	0,1472	150	7,07	6,96	142,67	40,55	71,58%
3	0,1471	200	7,06	6,94	196,72	93,00	52,73%
4	0,1469	500	7,01	6,95	468,49	252,30	46,15%
5	0,1469	750	7,01	6,94	722,83	505,00	30,14%
6	0,1466	1000	7,02	6,93	920,20	670,00	27,19%

Sumber : Data Primer, 2016

Gambar 4.9 Grafik Presentase Removal Variasi Konsentrasi *Methylene Blue*

Sumber : Data Primer, 2016

Dari Tabel 4.5 dan Gambar 4.9 bahwa kemampuan penyerapan semakin menurun dengan meningkatnya konsentrasi *Methylene Blue*. Biosorben yang teraktivasi memiliki kemampuan penyerapan yang paling efektif dibandingkan dengan produk biosorben lainnya.

4.7 Isotherm Adsorpsi

Model *isotherm* digunakan untuk proses adsorpsi antara *Methylene Blue* dengan biosorben baglog adalah *isotherm* langmuir dan *isotherm* freundlich, dengan melihat nilai R^2 yang lebih besar atau mendekati nilai 1 yang menunjukkan tingkat error yang rendah. Dengan memvariasikan konsentrasi *Methylene Blue* yang berkisar antara 100ppm hingga 1000ppm dengan kondisi massa, pH dan waktu yang sama pada tiap jenis biosorben non-aktivasi, teraktivasi dan terenkapsulasi.

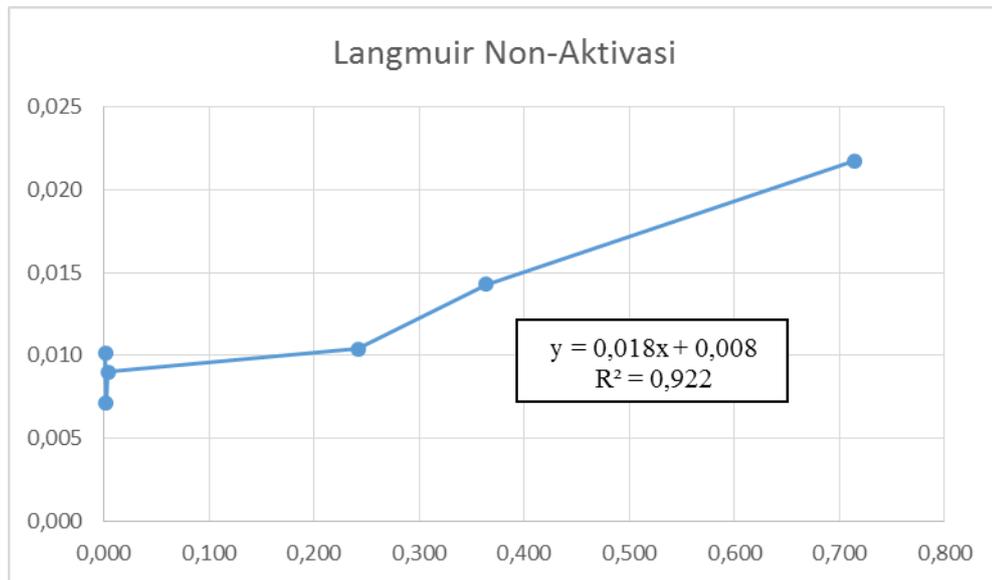
Untuk perhitungan model *isotherm* langmuir biosorben non-aktivasi dapat dilihat pada Tabel 4.6

Tabel 4.6 Data *Isotherm* Langmuir Biosorben Non-Aktivasi

Variasi Konsentrasi (ppm)	Massa Adsorben (mg)	Volume Larutan (ml)	Konsentrasi Awal (C0)	Konsentrasi Akhir (Ce)	Selisih (ΔC)	Persentase Removal (%)	Langmuir		
							Qe	1/Qe	1/Ce
100	100	50	93,42	1,40	92,02	98,50%	46,011	0,022	0,715
150	100	50	142,67	2,75	139,92	98,07%	69,961	0,014	0,364
200	100	50	196,72	4,13	192,59	97,90%	96,294	0,010	0,242
500	100	50	468,49	246,60	221,89	47,36%	110,943	0,009	0,004
750	100	50	722,83	443,75	279,08	38,61%	139,540	0,007	0,002
1000	100	50	920,20	723,50	196,70	21,38%	98,350	0,010	0,001
Qm (mg/g)	121,74								

Sumber : Data Primer, 2016

Dari tabel perhitungan diatas nilai $1/q_e$ dan $1/C_e$ akan diplot untuk membuat grafik persamaan *isotherm* Langmuir. Sehingga diperoleh persamaan untuk menghitung nilai R^2 yang akan dibandingkan dengan *isotherm* Freundlich untuk menentukan model *isotherm* yang digunakan pada percobaan ini. Grafik persamaan linear dari *isotherm* Langmuir dapat dilihat pada Gambar 4.10 berikut.



Gambar 4.10 Grafik Model Langmuir Biosorben Non-Aktivasi

Sumber : Data Primer, 2016

Dari Gambar 4.10 diperoleh persamaan $y = 0,018x + 0,008$ dengan nilai $R^2 = 0,922$ yang akan dibandingkan dengan nilai R^2 pada model *isotherm* Freundlich biosorben non-aktivasi.

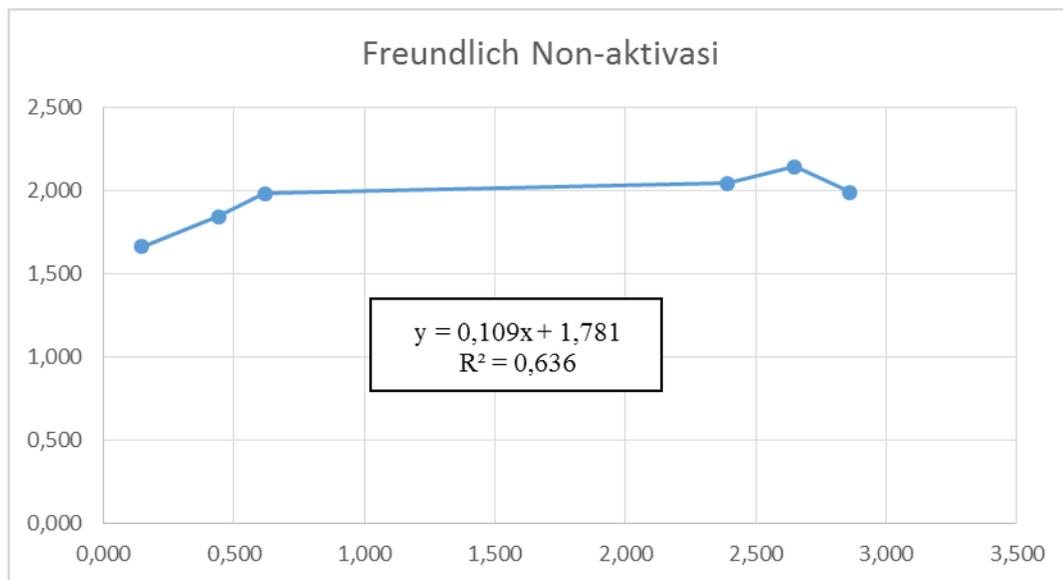
Berikut ini merupakan tabel data hasil perhitungan *isotherm* Freundlich biosorben non-aktivasi yang akan digunakan untuk membuat grafik linear untuk menentukan model *isotherm* yang akan digunakan pada percobaan ini.

Tabel 4.7 Data Perhitungan Data *Isotherm* Freundlich Biosorben Non-Aktivasi

Variasi Konsentrasi (ppm)	Massa Adsorben (mg)	Volume Larutan (ml)	Konsentrasi Awal (C ₀)	Konsentrasi Akhir (C _e)	Selisih (ΔC)	Persentase Removal (%)	Freundlich Non-aktivasi		
							Q _e	Log Q _e	Log C _e
100	100	50	93	1,399	92,021	98,50%	46,011	1,663	0,146
150	100	50	143	2,747	139,921	98,07%	69,961	1,845	0,439
200	100	50	197	4,134	192,588	97,90%	96,294	1,984	0,616
500	100	50	468	246,6	221,885	47,36%	110,943	2,045	2,392
750	100	50	723	443,75	279,08	38,61%	139,540	2,145	2,647
1000	100	50	920	723,5	196,7	21,38%	98,350	1,993	2,859

Sumber : Data Primer, 2016

Dari tabel data diatas, maka diperoleh nilai Log C_e dan Log Q_e yang nantinya akan diplotkan pada grafik linear sebagai koordinat titik X dan koordinat titik Y yang dapat dilihat pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Grafik Model Freundlich Biosorben Non-Aktivasi

Sumber : Data Primer, 2016

Dari Gambar 4.11 dapat dilihat bahwa persamaan garis linear yang diperoleh adalah $y = 0,109x + 1,781$ dengan nilai $R^2 = 0,636$.

Setelah hasil dari R^2 pada setiap model *isotherm* diperoleh, maka dapat disimpulkan bahwa model *isotherm* yang cocok pada percobaan biosorben non-aktivasi adalah model *isotherm* Langmuir dengan nilai $R^2 = 0,922$ yang lebih mendekati 1. Sehingga dari model *isotherm* tersebut kita bisa mengetahui kapasitas maksimum penyerapan Biosorben non-aktivasi terhadap *Methylene Blue* yaitu $Q_m = 121,74$ mg/g.

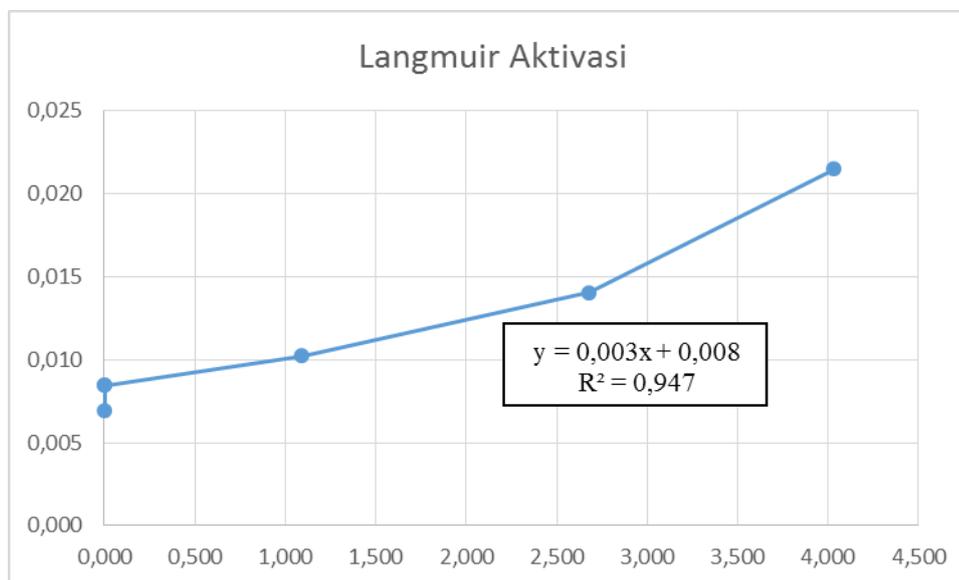
Untuk menentukan model *isotherm* yang akan digunakan dalam biosorben aktivasi, diperlukan data dari model *isotherm* Langmuir dan *isotherm* Freundlich. Data dari perhitungan *isotherm* Langmuir dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Data *Isotherm* Langmuir Biosorben Teraktivasi

Variasi Konsentrasi (ppm)	Massa Adsorben (mg)	Volume Larutan (ml)	Konsentrasi Awal (C ₀)	Konsentrasi Akhir (C _e)	Selisih (ΔC)	Persentase Removal (%)	Langmuir Aktivasi		
							Q _e	1/Q _e	1/C _e
100	100	50	93,42	0,248	93,172	99,73%	46,586	0,021	4,032
150	100	50	142,668	0,373	142,295	99,74%	71,148	0,014	2,681
200	100	50	196,722	0,916	195,806	99,53%	97,903	0,010	1,092
500	100	50	468,485	232,1	236,385	50,46%	118,193	0,008	0,004
750	100	50	722,83	434	288,83	39,96%	144,415	0,007	0,002
1000	100	50	920,2	684,25	235,95	25,64%	117,975	0,008	0,001
Q _m (mg/g)	132,20								

Sumber : Data Primer, 2016

Dari tabel perhitungan diatas nilai $1/Q_e$ dan $1/C_e$ akan diplot untuk membuat grafik persamaan *isotherm* Langmuir. Sehingga diperoleh persamaan untuk menghitung nilai R^2 yang akan dibandingkan dengan *isotherm* Freundlich untuk menentukan model *isotherm* yang kan digunakan pada percobaan ini. Grafik persamaan linear dari *isotherm* Langmuir dapat dilihat pada Gambar 4.12 berikut.



Gambar 4.12 Grafik Model Langmuir Biosorben Teraktivasi

Sumber : Data Primer, 2016

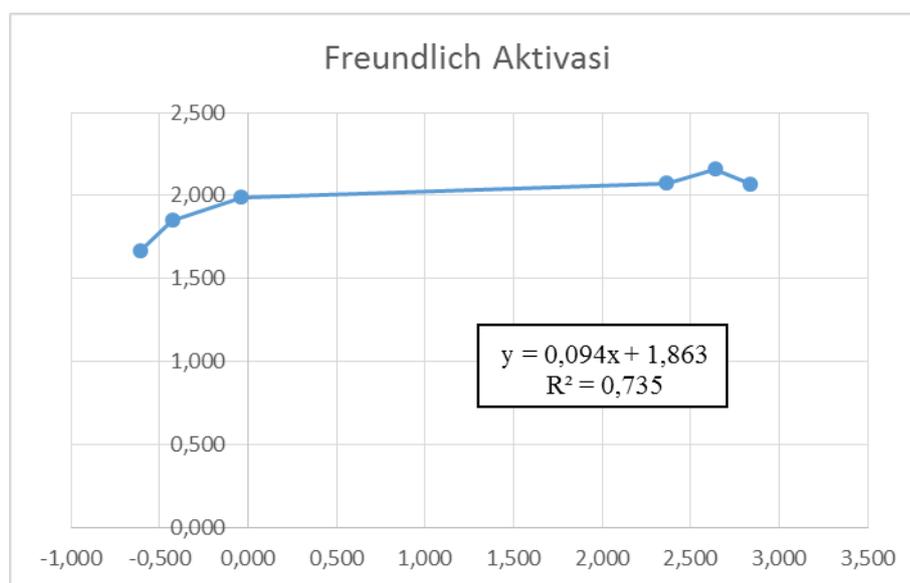
Dari Gambar 4.12 diperoleh persamaan $y = 0,003x + 0,008$ dengan nilai $R^2 = 0,947$ yang akan dibandingkan dengan nilai R^2 pada model *isotherm* Freundlich. Berikut ini merupakan tabel data hasil perhitungan *isotherm* Freundlich biosorben teraktivasi yang akan digunakan untuk membuat grafik linear untuk menentukan model *isotherm* yang akan digunakan pada percobaan ini.

Tabel 4.9 Data *Isotherm* Freundlich Biosorben Teraktivasi

Variasi Konsentrasi (ppm)	Massa Adsorben (mg)	Volume Larutan (ml)	Konsentrasi Awal (C0)	Konsentrasi Akhir (Ce)	Selisih (ΔC)	Persentase Removal (%)	Freundlich Aktivasi		
							Qe	Log Qe	Log Ce
100	100	50	93	0,248	93,172	99,73	46,586	1,668	-0,606
150	100	50	143	0,373	142,295	99,74	71,148	1,852	-0,428
200	100	50	197	0,916	195,806	99,53	97,903	1,991	-0,038
500	100	50	468	232,1	236,385	50,46	118,193	2,073	2,366
750	100	50	723	434	288,83	39,96	144,415	2,160	2,637
1000	100	50	920	684,25	235,95	25,64	117,975	2,072	2,835

Sumber : Data Primer, 2016

Dari Tabel 4.9 diperoleh nilai Log Ce dan Log Qe yang nantinya akan diplotkan pada grafik linear sebagai koordinat titik X dan koordinat titik Y yang dapat dilihat pada Gambar 4.13.



Gambar 4.13 Grafik Model Freundlich Biosorben Teraktivasi

Sumber : Data Primer, 2016

Dari Gambar 4.13 dapat dilihat bahwa persamaan garis linear yang diperoleh adalah $y = 0,094x + 1,863$ dengan nilai $R^2 = 0,735$.

Dari hasil nilai R^2 yang diperoleh pada keuda model *isotherm*, dapat disimpulkan model *isotherm* yang akan digunakan pada percobaan biosorben aktivasi adalah model *isotherm* Langmuir dengan nilai $R^2 = 0,947$ dengan kapasitas maksimum penyerapan biosorben aktivasi terhadap *Methylene Blue* yaitu $Q_m = 132,2$ mg/g.

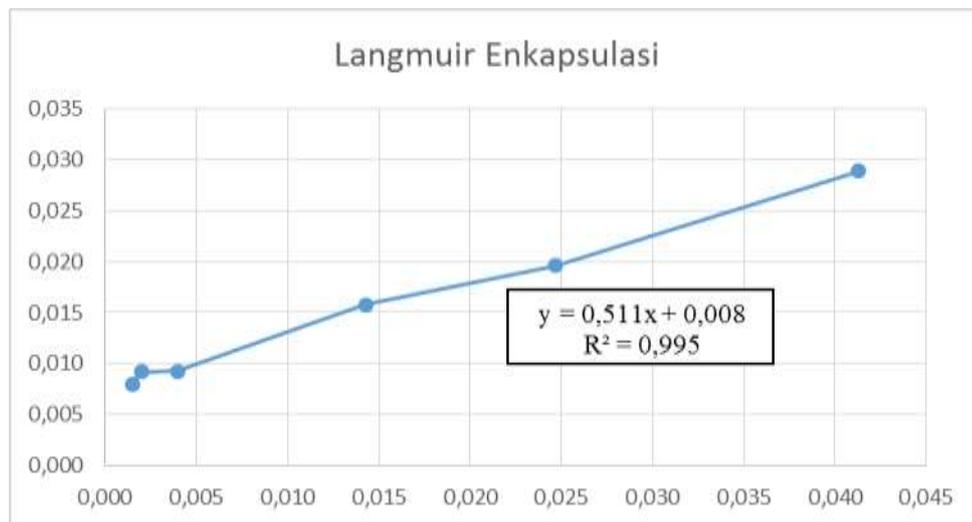
Untuk menentukan model *isotherm* yang akan digunakan pada percobaan biosorben terenkapsulasi *Alginate Gel*, maka dilakukan perhitungan *isotherm* Langmuir dan Freundlich. Perhitungan model Langmuir dapat dilihat pada Tabel 4.10 dibawah ini.

Tabel 4.10 Data *Isotherm* Langmuir Biosorben Terenkapsulasi

Variasi Konsentrasi (ppm)	Massa Adsorben (mg)	Volume Larutan (ml)	Konsentrasi Awal (C0)	Konsentrasi Akhir (Ce)	Selisih (ΔC)	Persentase Removal (%)	Langmuir Enkapsulasi		
							Qe	1/Qe	1/Ce
100	100	50	93,42	24,21	69,21	74,08%	34,605	0,029	0,041
150	100	50	142,668	40,55	102,118	71,58%	51,059	0,020	0,025
200	100	50	196,722	70	126,722	64,42%	63,361	0,016	0,014
500	100	50	468,485	252,3	216,185	46,15%	108,093	0,009	0,004
750	100	50	722,83	505	217,83	30,14%	108,915	0,009	0,002
1000	100	50	920,2	670	250,2	27,19%	125,100	0,008	0,001
Qm (mg/g)	130,81								

Sumber : Data Primer, 2016

Dari tabel perhitungan tersebut nilai $1/Q_e$ dan $1/C_e$ akan diplot untuk membuat grafik persamaan *isotherm* Langmuir. Sehingga diperoleh persamaan untuk menghitung nilai nilai R^2 yang akan dibandingkan dengan *isotherm* Freundlich untuk menentukan model *isotherm* yang kan digunakan pada percobaan ini. Grafik persamaan linear dari *isotherm* Langmuir dapat dilihat pada Gambar 4.14 berikut.



Gambar 4.14 Grafik Model Langmuir Biosorben Terenkapsulasi

Sumber : Data Primer, 2016

Dari Gambar 4.14 diperoleh persamaan $y = 0,511x + 0,008$ dengan nilai $R^2 = 0,995$ yang akan dibandingkan dengan nilai R^2 pada model *isotherm* Freundlich.

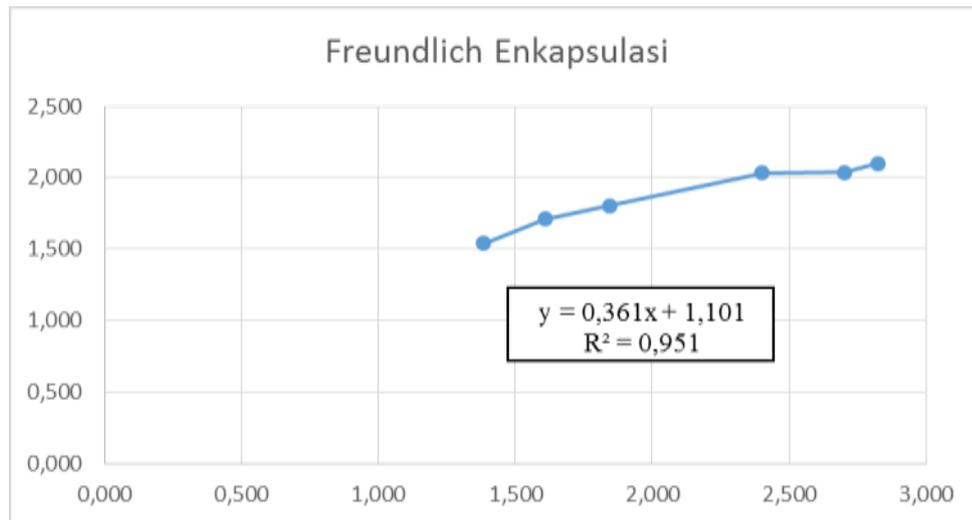
Berikut ini merupakan tabel data hasil perhitungan *isotherm* Freundlich biosorben yang terenkapsulasi yang akan digunakan untuk membuat grafik linear untuk menentukan model *isotherm* yang akan digunakan pada percobaan ini.

Tabel 4.11 Data *Isotherm* Freundlich Biosorben Enkapsulasi

Variasi Konsentrasi (ppm)	Massa Adsorben (mg)	Volume Larutan (ml)	Konsentrasi Awal (C0)	Konsentrasi Akhir (Ce)	Selisih (ΔC)	Persentase Removal (%)	Freundlich Enkapsulasi		
							Qe	Log Qe	Log Ce
100	100	50	93,42	24,21	69,21	74,08%	34,605	1,539	1,384
150	100	50	142,668	40,55	102,118	71,58%	51,059	1,708	1,608
200	100	50	196,722	70	126,722	64,42%	63,361	1,802	1,845
500	100	50	468,485	252,3	216,185	46,15%	108,093	2,034	2,402
750	100	50	722,83	505	217,83	30,14%	108,915	2,037	2,703
1000	100	50	920,2	670	250,2	27,19%	125,100	2,097	2,826

Sumber : Data Primer, 2016

Dari tabel data diatas, maka diperoleh nilai Log Ce dan Log Qe yang nantinya akan diplotkan pada grafik linear sebagai koordinat titik X dan koordinat titik Y yang dapat dilihat pada gambar grafik dibawah ini.



Gambar 4.15 Grafik Model Freundlich Biosorben Enkapsulasi *Alginate*

Sumber : Data Primer, 2016

Dari Gambar 4.15 dapat dilihat bahwa persamaan garis linear yang diperoleh adalah $y = 0,361x + 1,101$ dengan nilai $R^2 = 0,951$.

Model *isotherm* yang digunakan dalam menghitung kapasitas kemampuan penyerapan biosorben terenkapsulasi terhadap *Methylene Blue* adalah *isotherm* langmuir dengan kemampuan penyerapan mencapai 130,81 mg/g.

Setelah hasil dari R^2 pada setiap model *isotherm* diperoleh, maka dapat disimpulkan bahwa model *isotherm* yang cocok pada percobaan adsorpsi penelitian ini adalah model *isotherm* Langmuir dengan nilai R^2 pada setiap produk biosorben lebih mendekati 1 daripada model *isotherm* Freundlich. Produk biosorben yang memiliki kapasitas kemampuan penyerapan terhadap *Methylene Blue* terbesar adalah biosorben teraktivasi dengan nilai $Q_m = 132,2$ mg/g.