

LAMPIRAN

Lampiran 1. Uji Adsorpsi

Tabel 5. Adsorpsi ion Ca^{2+} , Cu^{2+} , dan Cd^{2+} pada biomassa alga *Dunaliella* sp dengan dosis berbeda

Dosis alga (gram)	Q (mg g^{-1})		
	Ion Ca^{2+}	Ion Cu^{2+}	Ion Cd^{2+}
0,10	12,58	18,96	63,43
0,20	6,00	9,44	31,72
0,30	5,34	6,25	21,14
0,40	4,20	4,67	15,85
0,50	3,45	3,70	12,66

Tabel 6. Adsorpsi ion Ca^{2+} , Cu^{2+} , dan Cd^{2+} pada biomassa alga *Dunaliella* sp dengan pH berbeda

pH	Teradsorpsi					
	Ion Ca^{2+}		Ion Cu^{2+}		Ion Cd^{2+}	
	Q (mg g^{-1})	%A	Q (mg g^{-1})	%A	Q (mg g^{-1})	%A
3	11,51	94,50	10,27	97,09	15,84	98,48
4	10,92	89,67	10,33	97,68	15,89	98,79
5	10,48	86,02	10,29	97,30	16,04	99,73
6	10,07	82,71	10,34	97,77	16,04	99,75
7	11,66	95,72	10,35	97,84	16,05	99,78

Tabel 7. Adsorpsi ion Ca^{2+} , Cu^{2+} , dan Cd^{2+} pada biomassa alga *Dunaliella* sp dengan waktu interaksi berbeda

Waktu pengadukan (menit)	Teradsorpsi					
	Ion Ca^{2+}		Ion Cu^{2+}		Ion Cd^{2+}	
	Q (mg g^{-1})	%A	Q (mg g^{-1})	%A	Q (mg g^{-1})	%A
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15	11,67	44,16	20,14	98,63	33,87	99,94
30	16,42	62,15	20,02	98,02	33,87	99,92
45	17,97	67,99	20,07	98,26	33,87	99,95
60	13,78	52,15	19,85	97,18	33,89	99,98
90	15,16	57,38	20,02	98,01	33,89	100

Tabel 8. Adsorpsi ion Ca^{2+} , Cu^{2+} , dan Cd^{2+} pada biomassa alga *Dunaliella* sp dengan konsentrasi berbeda

Konsentrasi ion logam (mg L^{-1})	Q (mg g^{-1})		
	Ion Ca^{2+}	Ion Cu^{2+}	Ion Cd^{2+}
0	0,00	0,00	0,00
25	1,13	4,42	5,72
50	5,67	7,93	13,13
100	8,51	9,93	24,31
200	7,48	14,45	36,12
300	8,35	16,09	39,18

Lampiran 2. Penentuan Laju Adsorpsi

Tabel 9. Data kinetika pseudo orde satu pada biomassa alga *Dunaliella* sp terhadap ion Ca^{2+}

t (menit)	C_0 (mg L^{-1})	C (mg L^{-1})	C_e (mg L^{-1})	qt (mg g^{-1})	qe (mg g^{-1})	qe-qt (mg g^{-1})
0	105,70	105,70	0,00	0,00	26,43	26,43
15	105,70	59,02	11,67	11,67	14,76	3,09
30	105,70	40,01	16,42	16,42	10,00	-6,42
45	105,70	33,84	17,97	17,97	8,46	-9,51
60	105,70	50,57	13,78	55,13	12,64	-1,14
90	105,70	45,05	15,16	60,65	11,26	-3,90

Keterangan :

C_0 : konsentrasi awal ion logam (mg L^{-1})

C : konsentrasi akhir adsorben (mg L^{-1})

C_e : konsentrasi ion logam dalam keadaan setimbang (mg L^{-1})

qe : jumlah ion logam teradsorpsi pada keadaan setimbang (mg g^{-1})

qt : jumlah ion logam teradsorpsi pada waktu tertentu (mg g^{-1})

Tabel 10. Data kinetika pseudo orde dua pada biomassa alga *Dunaliella* sp terhadap ion Ca^{2+}

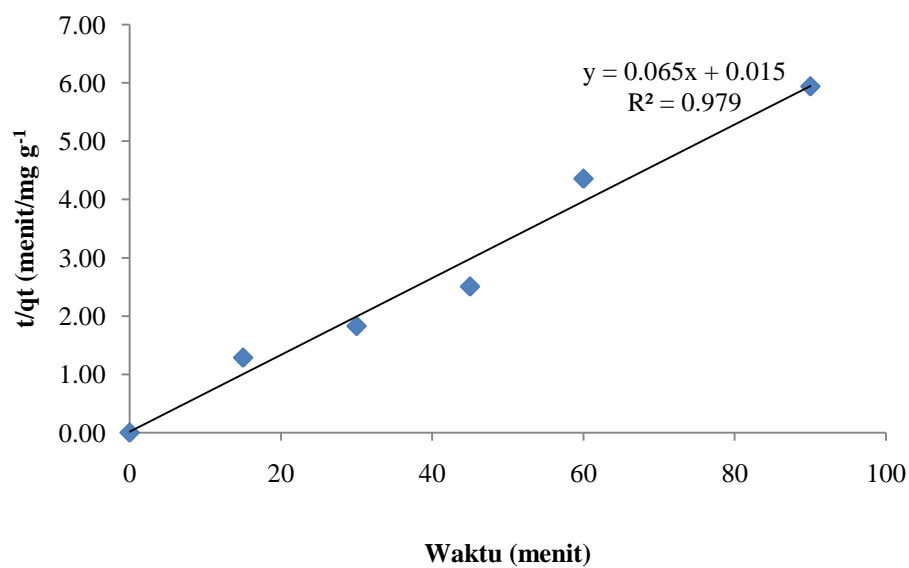
t (menit)	C_0 (mg L^{-1})	C (mg L^{-1})	qt (mg g^{-1})	t/qt (menit/ mg g^{-1})
0	105,70	105,70	0,00	0,00
15	105,70	59,02	11,67	1,29
30	105,70	40,01	16,42	1,83
45	105,70	33,84	17,97	2,50
60	105,70	50,57	13,78	4,35
90	105,70	45,05	15,16	5,94

Keterangan :

C_0 : konsentrasi awal ion logam (mg L^{-1})

C : konsentrasi akhir adsorben (mg L^{-1})

qt : jumlah ion logam teradsorpsi pada waktu tertentu (mg g^{-1})



Gambar 11. Grafik kinetika pseudo orde dua adsorpsi ion Ca^{2+} terhadap biomassa alga *Dunaliella* sp

Hasil perhitungan orde dua kurva biomassa alga terhadap ion logam Ca^{2+}

adalah sebagai berikut:

$$t/qt = t/q_e + 1/k_2 q_e^2$$

$$y = ax + b, \text{ slop (a) } = 1/q_e \text{ dan intersep (b) } = 1/k_2 q_e^2$$

$$y = 0,065x + 0,015$$

$$h = 1/b = 1/0,015 = 66,67$$

$$q_e = 1/a = 1/0,065 = 15,38$$

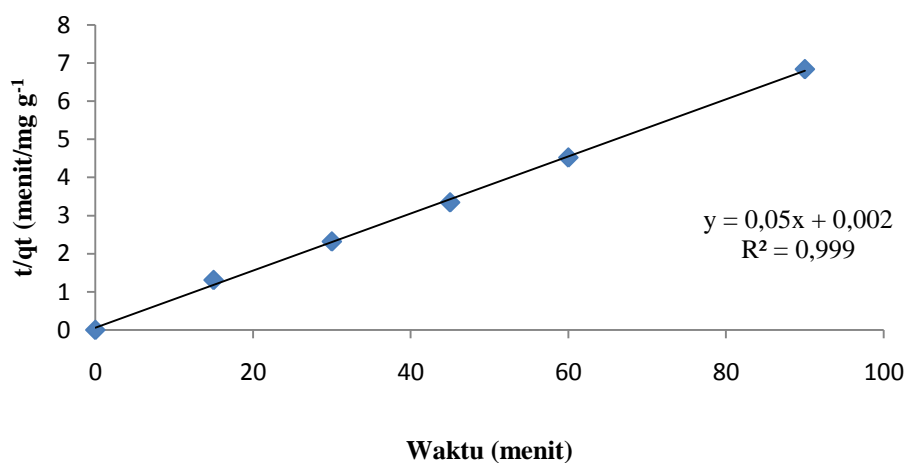
$$k_2 = h/q_e^2 = 66,67/236,69 = 0,28 \text{ g mg}^{-1} \text{ menit}^{-1}$$

Tabel 11. Data kinetika pseudo orde satu pada biomassa alga *Dunaliella* sp terhadap ion Cu^{2+}

t (menit)	C_0 (mg L^{-1})	C (mg L^{-1})	C_e (mg L^{-1})	qt (mg g^{-1})	qe (mg g^{-1})	qe-qt (mg g^{-1})
0	81,69	81,69	0,00	0,00	20,42	20,42
15	81,69	1,12	80,57	20,14	0,28	-19,86
30	81,69	1,62	80,07	20,02	0,40	-19,61
45	81,69	1,42	80,27	20,07	0,35	-19,71
60	81,69	2,30	79,39	19,85	0,58	-19,27
90	81,69	1,62	80,07	20,02	0,41	-19,61

Tabel 12. Data kinetika pseudo orde dua pada biomassa alga *Dunaliella* sp terhadap ion Cu^{2+}

t (menit)	C_0 (mg L^{-1})	C (mg L^{-1})	qt (mg g^{-1})	t/qt (menit/ mg g^{-1})
0	81,69	81,69	0,00	0,00
15	81,69	1,12	20,14	0,74
30	81,69	1,62	20,02	1,50
45	81,69	1,42	20,07	2,24
60	81,69	2,30	19,85	3,02
90	81,69	1,62	20,02	4,50



Gambar 12. Grafik kinetika pseudo orde dua adsorpsi ion Cu^{2+} terhadap biomassa alga *Dunaliella* sp

Perhitungan orde dua kurva biomassa alga terhadap ion logam Cu^{2+} adalah:

$$t/qt = t/qe + 1/k_2qe^2$$

$$y = ax + b, \text{ slop (a) } = 1/qe \text{ dan intersep (b) } = 1/k_2qe^2$$

$$y = 0,05x + 0,002$$

$$h = 1/b = 1/0,002 = 500$$

$$qe = 1/a = 1/0,05 = 20$$

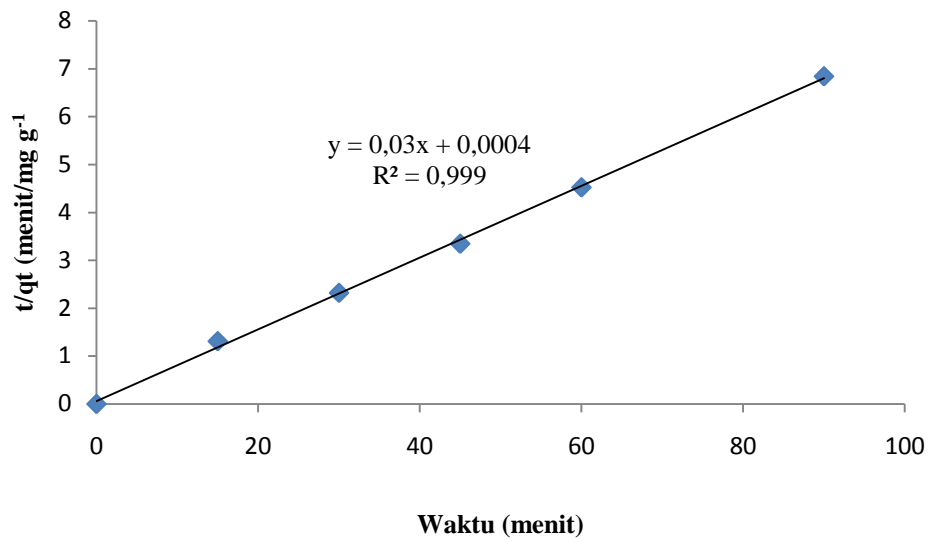
$$k_2 = h/qe^2 = 500/400 = 1,25 \text{ g mg}^{-1} \text{ menit}^{-1}$$

Tabel 13. Data kinetika pseudo orde satu pada biomassa alga *Dunaliella* sp terhadap ion Cd^{2+}

t (menit)	Co (mg L ⁻¹)	C (mg L ⁻¹)	Ce (mg L ⁻¹)	qt (mg g ⁻¹)	qe (mg g ⁻¹)	qe-qt (mg g ⁻¹)
0	135,60	135,60	0,00	0,00	33,89	33,89
15	135,60	0,09	135,49	33,87	0,020	-33,85
30	135,60	0,10	135,46	33,87	0,027	-33,84
45	135,60	0,08	135,50	33,87	0,018	-33,86
60	135,60	0,03	135,54	33,89	0,006	-33,88
90	135,60	0,001	135,57	33,89	0,000	-33,89

Tabel 14. Data kinetika pseudo orde dua pada biomassa alga *Dunaliella* sp terhadap ion Cd^{2+}

t (menit)	Co (mg L ⁻¹)	C (mg L ⁻¹)	qt (mg g ⁻¹)	t/qt (menit/mg g ⁻¹)
0	135,60	135,60	0,00	0,00
15	135,60	0,09	33,872	0,44
30	135,60	0,10	33,865	0,89
45	135,60	0,08	33,874	1,33
60	135,60	0,03	33,886	1,77
90	135,60	0,001	33,892	2,66



Gambar 13. Grafik kinetika pseudo orde dua adsorpsi ion Cd^{2+} terhadap biomassa alga *Dunaliella* sp

Perhitungan orde dua kurva biomassa alga terhadap ion logam Cd^{2+} adalah:

$$t/qt = 1/k_2q_e^2 + t/q_e$$

$$y = ax + b, \text{ slop (a) } = 1/q_e \text{ dan intersep (b) } = 1/k_2q_e^2$$

$$y = 0,029x + 0,0004$$

$$h = 1/b = 1/0,0004 = 2500$$

$$q_e = 1/a = 1/0,029 = 34,48$$

$$k_2 = h/q_e^2 = 2500/1189,06 = 2,1 \text{ g mg}^{-1} \text{ menit}^{-1}$$

Lampiran 3. Penentuan Kapasitas Adsorpsi

Tabel 15. Data perhitungan persamaan Langmuir ion Ca^{2+} terhadap biomassa alga *Dunaliella* sp

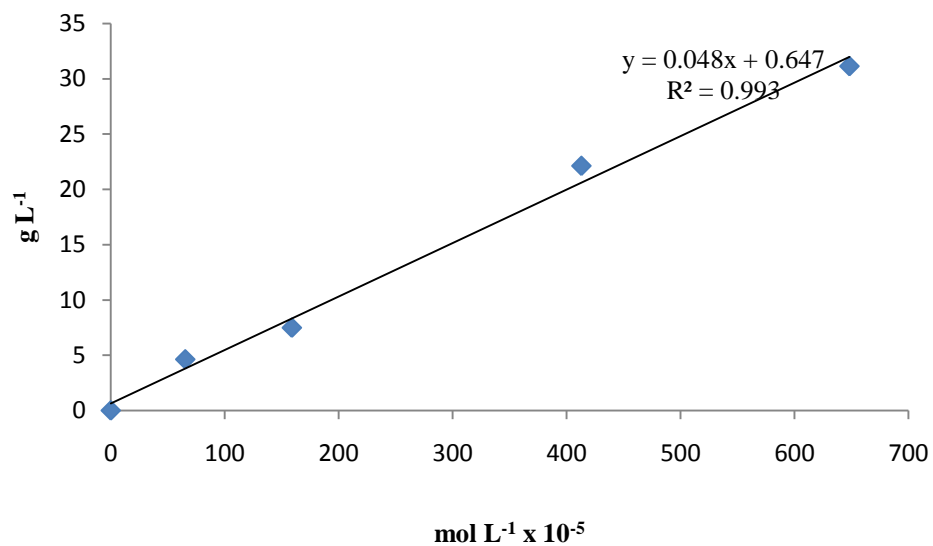
C_0 g L^{-1}	C_e		Teradsorpsi (m)		C_e/m g L^{-1}
	mg L^{-1}	$\text{mol L}^{-1} \times 10^{-5}$	mg g^{-1}	$\text{mol g}^{-1} \times 10^{-5}$	
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
25	19,91	49,69	1,13	2,82	17,64
50	26,19	65,36	5,67	14,14	4,62
100	63,68	158,88	8,51	21,23	7,48
200	165,50	412,92	7,48	18,67	22,12
300	259,77	648,13	8,35	20,82	31,13

Keterangan

C_0 : konsentrasi awal adsorbat (mg L^{-1})

C_e : konsentrasi adsorbat dalam keadaan setimbang (mg L^{-1})

m : jumlah logam yang teradsorpsi per gram adsorben (mg g^{-1})



Gambar 14. Kurva isoterm adsorpsi Langmuir biomassa alga *Dunaliella* sp terhadap ion Ca^{2+}

+

Hasil perhitungan yang diperoleh dari Gambar 14 adalah sebagai berikut:

$$y = 0,048x + 0,647$$

$$\text{slop (a)} = 0,048$$

$$\text{intersep (b)} = 0,647$$

$$n_m = (1/a) = 1/0,048 = 20,833 \times 10^{-5} \text{ mol g}^{-1} = 8,35 \text{ mg g}^{-1}$$

$$K = 1/n_m \times b = 1/(20,833 \times 10^{-5} \times 7,339) = 7,42 \times 10^3 \text{ L mol}^{-1}$$

$$E = -RT \ln K$$

$$E = -(8,314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \times 300 \text{ K} \times \ln 7,419 \times 10^3)$$

$$E = -22227 \text{ J mol}^{-1} = -22,23 \text{ kJ mol}^{-1}$$

Tabel 16. Data perhitungan persamaan Freundlich ion Ca^{2+} terhadap biomassa alga *Dunaliella* sp

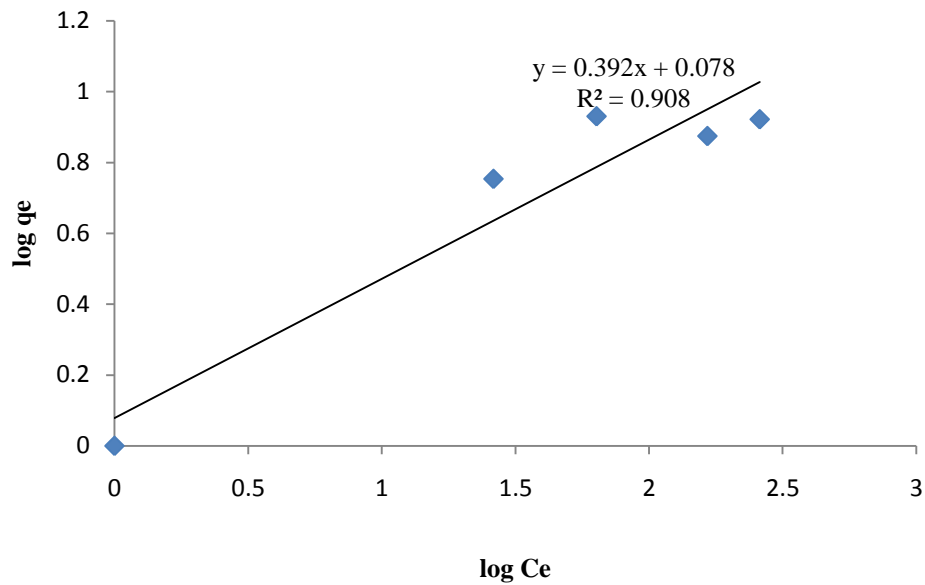
Co mg L ⁻¹	Ce		log Ce	qe mg g ⁻¹	log qe
	mg L ⁻¹	mol L ⁻¹ 10 ⁻⁵			
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
25	19,91	49,69	1,30	1,13	0,05
50	26,19	65,36	1,42	5,67	0,75
100	63,68	158,88	1,80	8,51	0,93
200	165,50	412,92	2,22	7,48	0,87
300	259,77	648,13	2,41	8,35	0,92

Keterangan :

C_o : konsentrasi awal adsorbat (mg L⁻¹)

C_e : konsentrasi adsorbat dalam keadaan setimbang (mg L⁻¹)

q_e : jumlah ion logam yang teradsorpsi pada keadaan setimbang (mg g⁻¹)



Gambar 15. Kurva isoterm adsorpsi Freundlich biomassa alga *Dunaliella* sp terhadap ion Ca^{2+}

Hasil perhitungan Gambar 15 adalah sebagai berikut:

$$y = 0,392x + 0,078$$

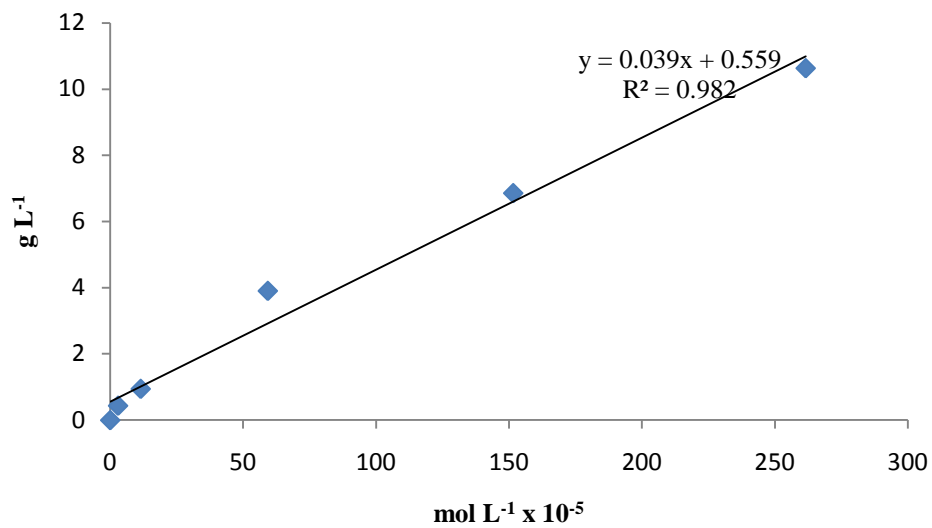
slop (a) = 0,392 dan intersep (b) = 0,078

$$n = 1/a = 1/0,392 = 2,55$$

$$k_f = 10^b = 10^{0,078} = 1,20 \text{ mg g}^{-1}$$

Tabel 17. Data perhitungan persamaan Langmuir ion Cu^{2+} terhadap biomassa alga *Dunaliella* sp

Co g L^{-1}	Ce		Teradsorpsi (m)		Ce/m mg L^{-1}
	mg L^{-1}	$\text{mol L}^{-1} \times 10^{-5}$	mg g^{-1}	g L^{-1}	
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
25	1,93	2,95	4,42	6,76	0,44
50	7,50	11,47	7,93	12,13	0,95
100	38,75	59,28	9,93	15,18	3,90
200	99,09	151,58	14,45	22,11	6,86
300	171,00	261,59	16,09	24,61	10,63



Gambar 16. Kurva isoterm adsorpsi Langmuir biomassa alga *Dunaliella* sp terhadap ion Cu^{2+}

Hasil perhitungan yang diperoleh dari Gambar 16 adalah sebagai berikut:

$$y = 0,039x + 0,559$$

$$\text{slop (a)} = 0,039$$

$$\text{intersep (b)} = 0,559$$

$$n_m = (1/a) = 1/0,039 = 25,64 \times 10^{-5} \text{ mol g}^{-1} = 16,76 \text{ mg g}^{-1}$$

$$K = 1/ n_m \times b = 1/(25,64 \times 10^{-5} \times 0,559) = 6,98 \times 10^3 \text{ L mol}^{-1}$$

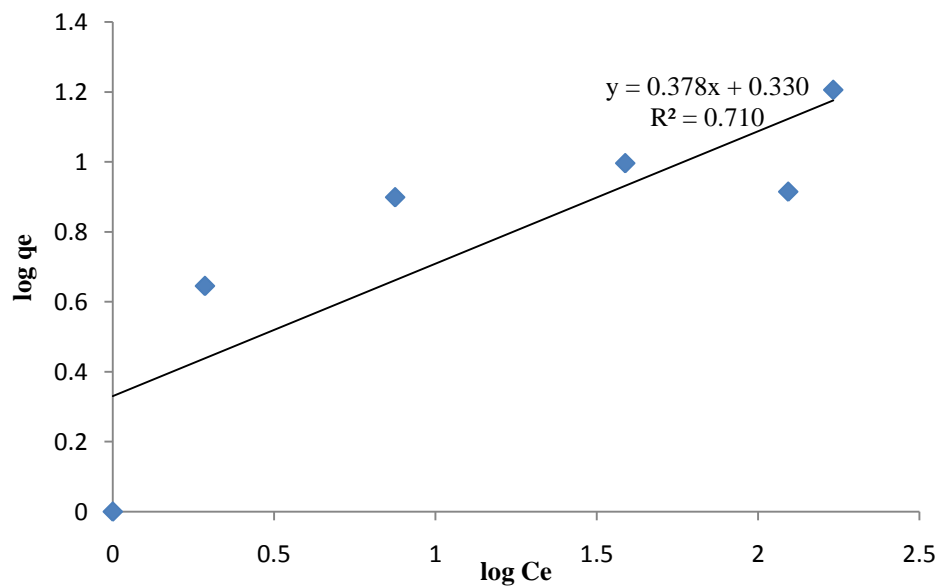
$$E = -RT \ln K$$

$$E = -(8,314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \times 300 \text{ K} \times \ln 6,98 \times 10^3)$$

$$E = -22075 \text{ J mol}^{-1} = -22,07 \text{ kJ mol}^{-1}$$

Tabel 18. Data perhitungan persamaan Freundlich ion Cu^{2+} terhadap biomassa alga *Dunaliella* sp

Co mg L ⁻¹	Ce		log Ce	qe mg g ⁻¹	log qe
	mg L ⁻¹	mol L ⁻¹ x 10 ⁻⁵			
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
25	1,93	2,95	0,29	4,42	0,65
50	7,50	11,47	0,88	7,93	0,90
100	38,75	59,28	1,59	9,93	1,00
200	99,09	151,58	2,09	14,45	0,92
300	171,00	261,59	2,23	16,09	1,21



Gambar 17. Kurva soterma adsorpsi Freundlich biomassa alga *Dunaliella* sp terhadap ion Cu^{2+}

Hasil perhitungan Gambar 17 adalah sebagai berikut:

$$y = 0,378x + 0,330$$

$$\text{slop (a)} = 0,378$$

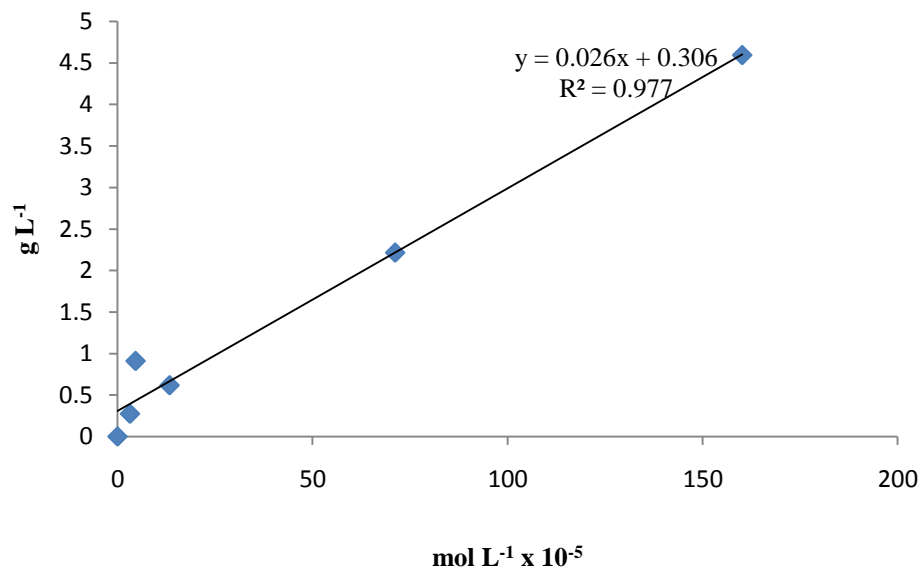
$$\text{intersep (b)} = 0,330$$

$$n = 1/a = 1/0,378 = 2,65$$

$$k_f = 10^b = 10^{0,330} = 2,14 \text{ mg g}^{-1}$$

Tabel 19. Data perhitungan persamaan Langmuir ion Cd^{2+} terhadap biomassa alga *Dunaliella* sp

Co g L^{-1}	Ce		Teradsorpsi (m)		Ce/m mg L^{-1}
	mg L^{-1}	$\text{mol L}^{-1} \times 10^{-5}$	mg g^{-1}	g L^{-1}	
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
25	5,20	4,63	5,72	5,09	0,91
50	3,60	3,20	13,13	11,68	0,27
100	15,00	13,35	24,31	21,63	0,62
200	80,00	71,17	36,12	32,14	2,21
300	180,00	160,14	39,18	34,86	4,59



Gambar 18. Kurva isoterm adsorpsi Langmuir biomassa alga *Dunaliella* sp terhadap ion Cd^{2+}

Hasil perhitungan yang diperoleh dari Gambar 18 adalah sebagai berikut:

$$y = 0,026x + 0,306$$

slop (a) = 0,026 dan intersep (b) = 0,306

$$n_m = (1/a) = 1/0,026 = 38,462 \times 10^{-5} \text{ mol g}^{-1} = 43,23 \text{ mg g}^{-1}$$

$$K = 1/n_m \times b = 1/(38,462 \times 10^{-5} \times 0,306) = 8,50 \times 10^3 \text{ L mol}^{-1}$$

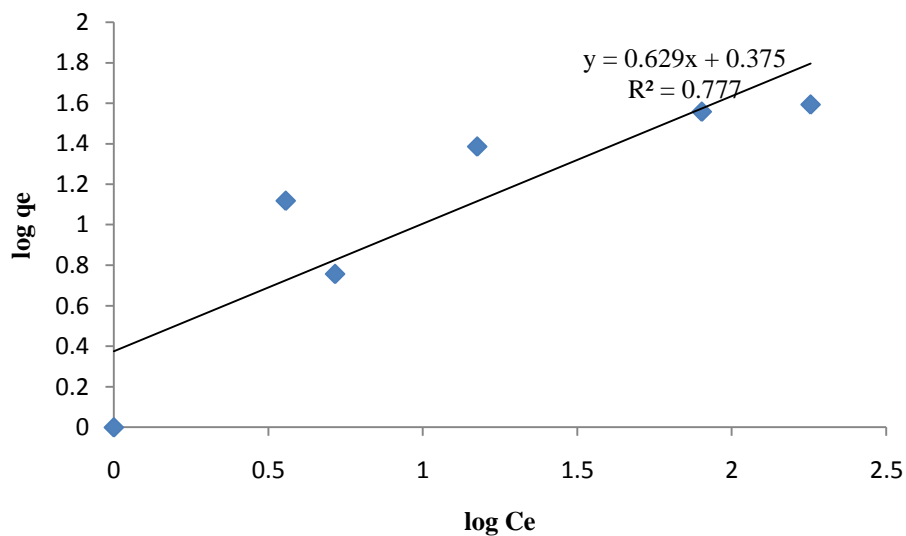
$$E = -RT \ln K$$

$$E = -(8,314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \times 300 \text{ K} \times \ln 8,496 \times 10^3)$$

$$E = -22566 \text{ J mol}^{-1} = -22,57 \text{ kJ mol}^{-1}$$

Tabel 20. Data perhitungan persamaan Freundlich ion Cd^{2+} terhadap biomassa alga *Dunaliella* sp

Co mg L ⁻¹	Ce		log Ce	qe mg g ⁻¹	log qe
	mg L ⁻¹	mol L ⁻¹ x 10 ⁻⁵			
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
25	5,20	4,63	0,72	5,72	0,76
50	3,60	3,20	0,56	13,13	1,12
100	15,00	13,35	1,18	24,31	1,39
200	80,00	71,17	1,90	36,12	1,56
300	180,00	160,14	2,26	39,18	1,59



Gambar 19. Kurva isoterm adsorpsi Freundlich biomassa alga *Dunaliella* sp terhadap ion Cd^{2+}

Hasil perhitungan Gambar 19 adalah sebagai berikut:

$$y = 0,629x + 0,375$$

slop (a) = 0,629 dan intersep (b) = 0,375

$$n = 1/a = 1/0,629 = 1,60$$

$$k_f = 10^b = 10^{0,375} = 2,37 \text{ mg g}^{-1}$$