

BAB V. HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS HASIL

5.1. Penelitian Tahap 1 : Hubungan Faktor Lingkungan dan Nutrisi Dalam Tanah Dengan Kandungan Diosgenin Rimpang *Costus speciosus* Alami

5.1.1. Karakteristik tanaman *Costus speciosus* alami

a. Biomassa tanaman

Karakteristik tanaman *Costus speciosus* yang tumbuh alami tersebut memiliki nilai rerata luas daun antara 806,66 cm²/rumpun hingga 4661,95 cm²/rumpun, bobot kering daun 3,85 g/rumpun hingga 27,08 g/rumpun, bobot kering batang 19,54 g/rumpun hingga 83,24 g/rumpun, bobot kering rimpang 15,47 g/rumpun hingga 47,40 g/rumpun, bobot kering akar 1,20 g/rumpun hingga 6,14 g/rumpun, total biomassa tanaman 52,67 g/rumpun hingga 132,48 g/rumpun, kadar diosgenin rimpang 0,24 mg/g hingga 0,75 mg/g, dan total diosgenin antara 3,87 mg/rumpun hingga 24,52 mg/rumpun.. Rincian karakteristik tanaman yang diamati disajikan pada Tabel 5.1 dan Tabel 5.2, serta Gambar 5.1.

Hasil analisis multiregresi variabel biomassa tanaman menunjukkan terdapat pengaruh yang nyata ($p=0,028$ pada Lampiran 6) terhadap kadar diosgenin rimpang *Costus speciosus* alami. Diantara variabel biomassa tanaman tersebut, ternyata hanya bobot kering daun yang berpengaruh nyata ($p=0,028$ pada Lampiran 6), hal tersebut diperkuat oleh hasil analisis keragaman parsial pada Lampiran 7 (berpengaruh sangat nyata $p=0,011$). Model hubungan negatif antara bobot kering daun dengan kadar diosgenin pada rimpang *Costus speciosus*, nyata pada multiregresi linier ($p=0,028$ dan $R^2=0,166$ seperti pada Lampiran 8), dengan persamaan multiregresi $Y = 0,5694 - 0,0107 X$

Tabel 5.1. Luas daun, bobot kering daun, batang dan rimpang tanaman *Costus speciosus* alami

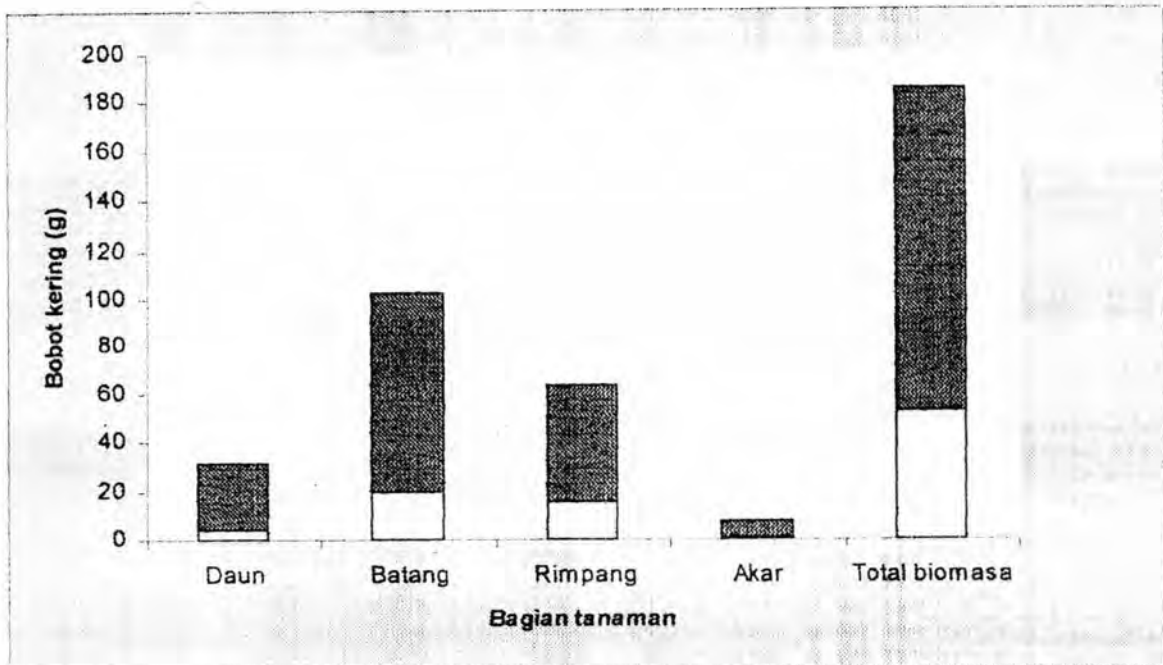
Nomer lokasi	Luas daun (cm ² /rumpun)	Bobot kering daun (g/rumpun)	Bobot kering batang (g/rumpun)	Bobot kering rimpang (g/rumpun)
01	1409,74 ± 175,32	8,01 ± 4,55	29,14 ± 7,07	23,57 ± 5,52
02	2233,31 ± 1877,07	3,85 ± 2,46	29,61 ± 6,50	22,17 ± 6,75
03	2224,03 ± 743,14	10,74 ± 5,26	22,96 ± 11,15	21,05 ± 13,16
04	1319,77 ± 565,24	6,84 ± 2,75	27,93 ± 5,04	15,47 ± 8,28
05	1629,01 ± 886,89	8,80 ± 7,24	25,50 ± 10,38	20,54 ± 5,54
06	1717,42 ± 185,55	11,33 ± 8,38	29,09 ± 26,12	28,38 ± 6,29
07	2178,94 ± 53,87	7,60 ± 5,60	19,54 ± 7,57	28,29 ± 22,22
08	2806,29 ± 2149,37	10,43 ± 5,72	39,44 ± 10,06	29,44 ± 11,70
09	2548,59 ± 1611,99	14,80 ± 14,71	48,57 ± 34,53	31,69 ± 16,67
10	2628,85 ± 706,64	13,13 ± 7,13	33,00 ± 15,43	26,08 ± 20,08
11	2519,67 ± 588,68	10,13 ± 4,06	56,99 ± 10,38	47,40 ± 19,08
12	2338,96 ± 470,02	13,56 ± 7,53	38,14 ± 10,23	24,56 ± 6,88
13	3018,62 ± 959,04	14,32 ± 5,13	40,27 ± 15,93	31,49 ± 6,86
14	1716,25 ± 1582,04	10,07 ± 6,37	54,45 ± 23,71	30,92 ± 4,82
15	863,805 ± 511,76	14,90 ± 2,77	48,78 ± 26,20	36,94 ± 28,10
16	1358,73 ± 1021,54	7,34 ± 5,33	40,70 ± 32,68	28,97 ± 26,32
17	806,66 ± 483,08	8,95 ± 5,84	23,70 ± 15,81	42,33 ± 29,75
18	2837,77 ± 587,51	11,85 ± 8,45	39,50 ± 31,04	22,94 ± 15,01
19	1566,57 ± 397,39	12,64 ± 7,04	53,74 ± 11,45	31,82 ± 8,83
20	1089,30 ± 157,66	6,51 ± 4,66	31,32 ± 17,29	25,91 ± 8,12
21	3174,17 ± 894,67	18,15 ± 8,87	25,18 ± 17,32	25,04 ± 1,59
22	3129,52 ± 2621,39	18,62 ± 14,75	57,36 ± 33,91	17,38 ± 6,90
23	2788,24 ± 1683,76	27,08 ± 26,28	83,24 ± 55,24	21,59 ± 16,39
24	2847,16 ± 2757,26	13,36 ± 11,18	40,24 ± 24,92	19,31 ± 12,92
25	2303,21 ± 1856,36	24,70 ± 22,09	27,96 ± 11,47	41,38 ± 17,83
26	2436,44 ± 1224,93	11,46 ± 10,77	42,81 ± 21,24	22,62 ± 6,45
27	2116,09 ± 552,82	14,34 ± 8,72	33,19 ± 9,12	23,37 ± 10,91
28	2759,26 ± 87,27	14,81 ± 12,53	36,69 ± 17,79	19,73 ± 3,32
29	2665,42 ± 123,06	17,93 ± 13,75	46,91 ± 38,57	23,73 ± 13,53
30	2347,84 ± 1312,51	10,40 ± 5,41	52,86 ± 37,88	23,40 ± 12,49
31	4661,95 ± 357,39	16,80 ± 10,61	36,44 ± 25,60	29,51 ± 15,06

Keterangan : Nilai rerata dari 3 ulangan

Tabel 5.2. Bobot kering akar, total biomassa, kandungan diosgenin dan total diosgenin rimpang *Costus speciosus* alami

Nomer lokasi	Bobot kering akar (g/rumpun)	Total biomassa (g/rumpun)	Kadar diosgenin (mg/g)	Total diosgenin (mg/rumpun)
01	3,85 ± 1,94	64,57 ± 15,68	0,55 ± 0,29	13,14 ± 7,40
02	3,52 ± 2,72	59,15 ± 5,52	0,34 ± 0,21	8,62 ± 5,87
03	2,92 ± 0,71	57,67 ± 22,88	0,75 ± 0,20	17,90 ± 12,44
04	2,43 ± 1,51	52,67 ± 17,20	0,40 ± 0,20	6,52 ± 4,96
05	2,19 ± 0,84	57,03 ± 20,66	0,48 ± 0,27	10,49 ± 7,71
06	4,18 ± 1,13	72,98 ± 26,07	0,44 ± 0,26	10,26 ± 6,55
07	2,22 ± 1,09	57,65 ± 27,62	0,63 ± 0,44	24,52 ± 22,85
08	3,99 ± 1,28	83,30 ± 12,65	0,41 ± 0,21	12,14 ± 8,59
09	2,91 ± 1,40	87,97 ± 65,09	0,35 ± 0,21	13,36 ± 9,78
10	3,06 ± 1,70	75,27 ± 34,94	0,44 ± 0,02	11,28 ± 6,95
11	4,63 ± 2,43	119,15 ± 24,52	0,49 ± 0,19	20,38 ± 2,46
12	2,92 ± 1,20	79,18 ± 21,45	0,69 ± 0,07	17,12 ± 5,10
13	6,14 ± 0,61	92,22 ± 16,35	0,24 ± 0,12	8,22 ± 5,23
14	3,60 ± 1,12	90,04 ± 30,93	0,49 ± 0,27	14,97 ± 8,83
15	2,34 ± 1,86	102,96 ± 63,00	0,43 ± 0,18	19,99 ± 16,53
16	2,53 ± 2,14	79,54 ± 61,45	0,55 ± 0,14	12,74 ± 8,59
17	3,42 ± 2,46	78,40 ± 41,02	0,27 ± 0,25	12,52 ± 12,32
18	1,20 ± 0,82	75,49 ± 54,94	0,39 ± 0,16	10,40 ± 8,71
19	5,30 ± 3,02	103,46 ± 29,04	0,32 ± 0,31	8,50 ± 6,60
20	2,80 ± 0,06	66,56 ± 28,50	0,74 ± 0,44	21,47 ± 15,25
21	1,93 ± 1,01	70,30 ± 24,73	0,38 ± 0,15	11,38 ± 4,30
22	1,24 ± 0,93	94,62 ± 54,12	0,37 ± 0,08	3,87 ± 3,31
23	1,08 ± 0,88	132,99 ± 90,93	0,33 ± 0,23	5,06 ± 1,54
24	1,47 ± 0,94	74,38 ± 47,50	0,37 ± 0,23	4,90 ± 2,58
25	1,89 ± 1,45	95,93 ± 49,00	0,34 ± 0,29	18,18 ± 14,42
26	1,68 ± 1,14	78,57 ± 67,42	0,45 ± 0,20	6,30 ± 4,34
27	1,24 ± 0,83	72,14 ± 36,21	0,31 ± 0,15	7,85 ± 5,85
28	1,51 ± 0,98	72,74 ± 34,07	0,31 ± 0,16	6,59 ± 3,97
29	2,00 ± 1,55	90,57 ± 62,16	0,24 ± 0,20	7,75 ± 2,48
30	1,90 ± 1,73	88,56 ± 54,94	0,43 ± 0,24	12,58 ± 8,89
31	1,79 ± 0,60	84,54 ± 47,69	0,50 ± 0,13	13,99 ± 5,94

Keterangan : Nilai rerata dari 3 ulangan



Gambar 5.1. Grafik histogram kisaran biomassa tanaman *Costus speciosus* alami

b. Kadar nutrisi mikro daun

Kandungan nutrisi mikro Al^{3+} pada daun tanaman *Costus speciosus* berkisar antara 15,3 ppm hingga 84,1 ppm, Fe^{2+} antara 50,8 ppm hingga 395,3 ppm, Mn^{2+} antara 8,1 ppm hingga 95,7 ppm, Zn^{2+} antara 27,2 ppm hingga 91,8 ppm, serta Cu^{2+} antara 11,1 ppm hingga 42,2 ppm. Rincian kadar kelima nutrisi mikro tersebut dalam daun tanaman *Costus speciosus* disajikan pada Tabel 5.3 dan Gambar 5.2.

Berdasarkan hasil analisis multiregresi menunjukkan bahwa nutrisi mikro pada daun (kation Al^{3+} , Cu^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} dan Zn^{2+}) tidak berpengaruh nyata dengan kadar diosgenin rimpang tanaman *Costus speciosus* yang tumbuh alami. ($p=0,704$ pada Lampiran 14 dan $p=0,693$ pada Lampiran 15). Pengaruh tidak nyata tersebut diperkuat dengan nilai korelasi pada Lampiran

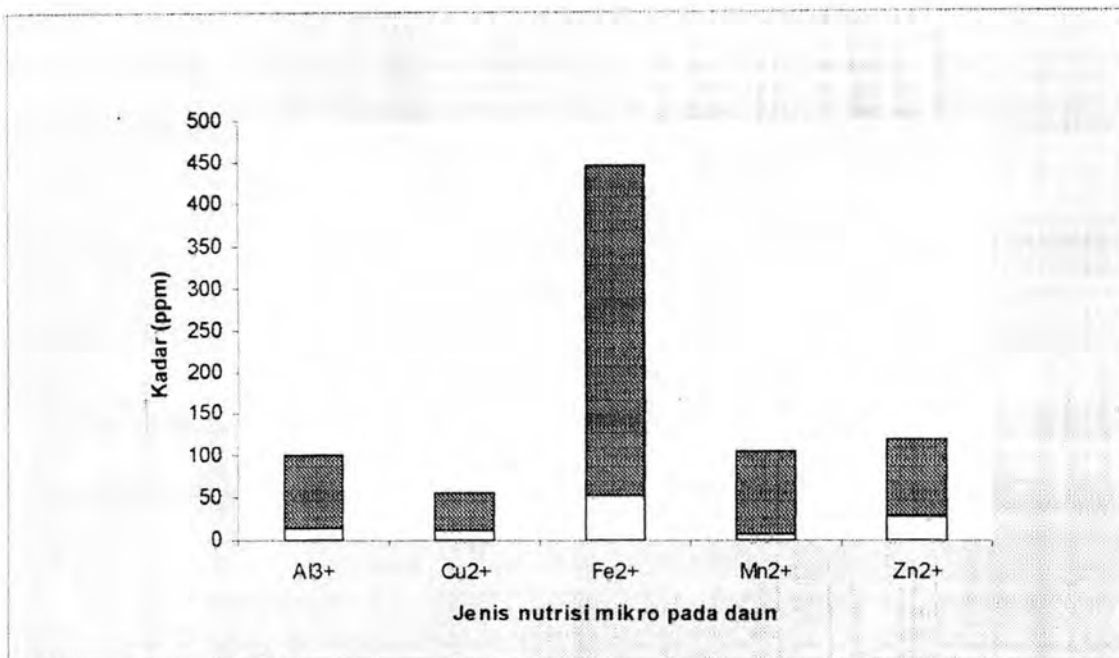
9, tidak ada satupun variabel nutrisi mikro pada daun yang mempunyai korelasi nyata dengan kadar diosgenin rimpang *Costus speciosus*.

Tabel 5.3. Kadar nutrisi mikro daun (Al^{3+} , Cu^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} dan Zn^{2+}) tanaman *Costus speciosus* alami

Nomer lokasi	Al^{3+} (ppm)	Fe^{2+} (ppm)	Mn^{2+} (ppm)	Zn^{2+} (ppm)	Cu^{2+} (ppm)
01	49,7 ± 6,3	101,2 ± 3,6	13,7 ± 0,2	38,9 ± 1,0	22,8 ± 6,4
02	44,9 ± 3,1	65,2 ± 6,6	8,1 ± 3,0	33,9 ± 5,3	15,7 ± 3,9
03	61,4 ± 7,1	107,1 ± 21,5	21,7 ± 6,0	37,6 ± 3,2	11,1 ± 2,2
04	66,7 ± 0,6	72,9 ± 2,4	110,7 ± 4,4	40,4 ± 0,6	13,9 ± 2,0
05	78,1 ± 2,0	72,9 ± 2,1	106,5 ± 2,3	56,6 ± 1,2	25,4 ± 6,1
06	73,7 ± 1,3	50,8 ± 2,1	110,6 ± 2,2	31,6 ± 1,3	24,9 ± 1,7
07	45,9 ± 1,3	53,2 ± 2,4	195,7 ± 2,3	57,1 ± 2,4	31,7 ± 0,9
08	80,9 ± 2,6	178,7 ± 8,9	42,1 ± 2,5	41,1 ± 2,8	39,2 ± 0,9
09	46,7 ± 1,7	108,7 ± 2,7	17,2 ± 2,5	56,6 ± 2,3	33,5 ± 2,4
10	84,1 ± 0,7	69,7 ± 4,5	29,2 ± 1,1	72,9 ± 1,2	18,7 ± 8,4
11	45,4 ± 0,4	56,4 ± 1,8	10,6 ± 2,6	72,8 ± 1,5	41,5 ± 0,9
12	31,4 ± 0,9	130,3 ± 5,9	8,7 ± 2,9	72,3 ± 1,9	38,9 ± 1,1
13	46,9 ± 1,2	109,6 ± 12,3	29,9 ± 1,3	26,7 ± 2,6	38,9 ± 0,1
14	38,3 ± 5,9	79,2 ± 0,8	60,1 ± 1,8	27,2 ± 1,3	30,2 ± 1,5
15	53,6 ± 2,1	74,6 ± 3,9	86,9 ± 3,8	58,2 ± 0,3	35,8 ± 4,7
16	53,4 ± 4,6	139,7 ± 9,9	16,8 ± 1,0	52,6 ± 2,1	15,4 ± 9,9
17	55,5 ± 1,6	135,1 ± 8,9	12,2 ± 0,6	70,2 ± 0,8	21,1 ± 0,9
18	55,7 ± 3,2	128,4 ± 13,3	149,6 ± 1,9	63,1 ± 18,9	12,8 ± 0,3
19	65,8 ± 3,6	395,3 ± 13,8	8,2 ± 2,9	34,9 ± 1,5	23,7 ± 0,6
20	66,2 ± 1,6	172,2 ± 14,9	24,2 ± 4,2	37,3 ± 1,5	40,2 ± 1,2
21	85,7 ± 5,9	243,1 ± 7,3	129,3 ± 1,2	91,8 ± 2,8	27,9 ± 1,6
22	44,7 ± 1,2	201,6 ± 2,8	10,6 ± 2,6	30,8 ± 1,7	28,8 ± 1,0
23	45,9 ± 2,3	172,5 ± 10,2	10,7 ± 1,6	46,0 ± 1,6	35,2 ± 2,4
24	35,8 ± 1,4	116,7 ± 5,2	13,1 ± 1,9	47,6 ± 6,7	18,8 ± 7,7
25	43,1 ± 1,0	243,1 ± 12,0	28,2 ± 2,9	73,1 ± 2,5	15,8 ± 1,6
26	20,8 ± 2,4	184,5 ± 3,6	12,2 ± 1,1	74,1 ± 9,9	19,9 ± 0,8
27	15,3 ± 1,5	180,0 ± 9,4	44,5 ± 2,3	40,6 ± 1,1	42,2 ± 5,2
28	26,1 ± 3,3	154,3 ± 3,2	60,5 ± 0,4	37,0 ± 0,7	37,3 ± 1,2
29	35,1 ± 2,2	102,4 ± 6,9	44,1 ± 1,5	30,1 ± 0,6	10,9 ± 0,3
30	19,7 ± 0,7	154,9 ± 14,9	18,1 ± 2,2	48,1 ± 0,3	33,9 ± 1,7
31	43,7 ± 0,5	56,2 ± 1,8	78,2 ± 2,1	43,1 ± 0,9	24,8 ± 2,3

Keterangan : Nilai rerata dari 3 ulangan

Nilai korelasi kadar diosgenin dengan masing-masing nutrisi mikro daun adalah Al^{3+} ($r=0,165$ dan $p=0,376$), Cu^{2+} ($r=0,055$ dan $p=0,77$), Fe^{2+} ($r=-0,233$ dan $p=0,207$), Mn^{2+} ($r=0,144$ dan $p=0,54$) serta Zn^{2+} ($r=0,188$ dan $p=0,527$).



Gambar 5.2. Grafik histogram kisaran kadar nutrisi mikro (Al^{3+} , Cu^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} dan Zn^{2+}) pada daun *Costus speciosus* alami

5.1.2. Lingkungan tumbuh *Costus speciosus* Alami

Kondisi lingkungan tumbuh tanaman *Costus speciosus* alami dengan kisaran suhu $24,5^{\circ}\text{C}$ hingga 30°C , kelembaban relatif antara 42 persen hingga 64 persen dan pada ketinggian 100 m hingga 2.838 m dari permukaan air laut seperti disajikan pada Lampiran 1.

Hasil analisis multiregresi pada Lampiran 19 dan 20, menunjukkan bahwa tidak satupun variabel lingkungan (suhu, kelembaban dan ketinggian tempat) yang berpengaruh nyata terhadap kadar diosgenin ($p=0,326$). Hal tersebut diperkuat oleh analisis korelasi (Lampiran 9), tidak ada korelasi nyata antara kadar diosgenin dengan variabel lingkungan (suhu, kelembaban dan ketinggian tempat) (kelembaban dengan kadar diosgenin $r=-0,391$ dan $p=0,124$; suhu dengan kadar diosgenin $r=-0,134$ dan $p=0,471$; tinggi tempat dengan kadar diosgenin $r=0,061$ dan $p=0,746$).

5.1.3. Karakteristik tanah tempat tumbuh *Costus speciosus* alami

Jenis tanah tempat tumbuh tanaman *Costus speciosus* yang tumbuh alami terdiri dari 16 jenis, terdiri dari : asosiasi andosol & latosol kelabu, regosol coklat, regosol coklat kekelabuan, mediteran coklat kemerahan, asosiasi andosol coklat & regosol coklat, asosiasi latosol coklat & regosol kelabu, asosiasi andosol coklat kekuningan & regosol kekuningan, aluvial kelabu tua, asosiasi andosol kelabu & regosol kelabu, *brown forest soil*, kompleks litosol dan renzino, asosiasi andosol coklat & Glei hummy, aluvial kelabu, kompleks litosol-mediteran dan renzino dan terakhir adalah kompleks litosol.

Kelas tekstur tanah terdiri dari 9 macam yaitu lempung, liat, lempung berdebu, lempung berliat, lempung berliat berpasir, lempung erpasir, lempung berliat berpasir, pasir berlempung dan liat berdebu (Lampiran 2).

Tabel 5.4. Kandungan bahan organik tanah tempat tumbuh *Costus speciosus* alami

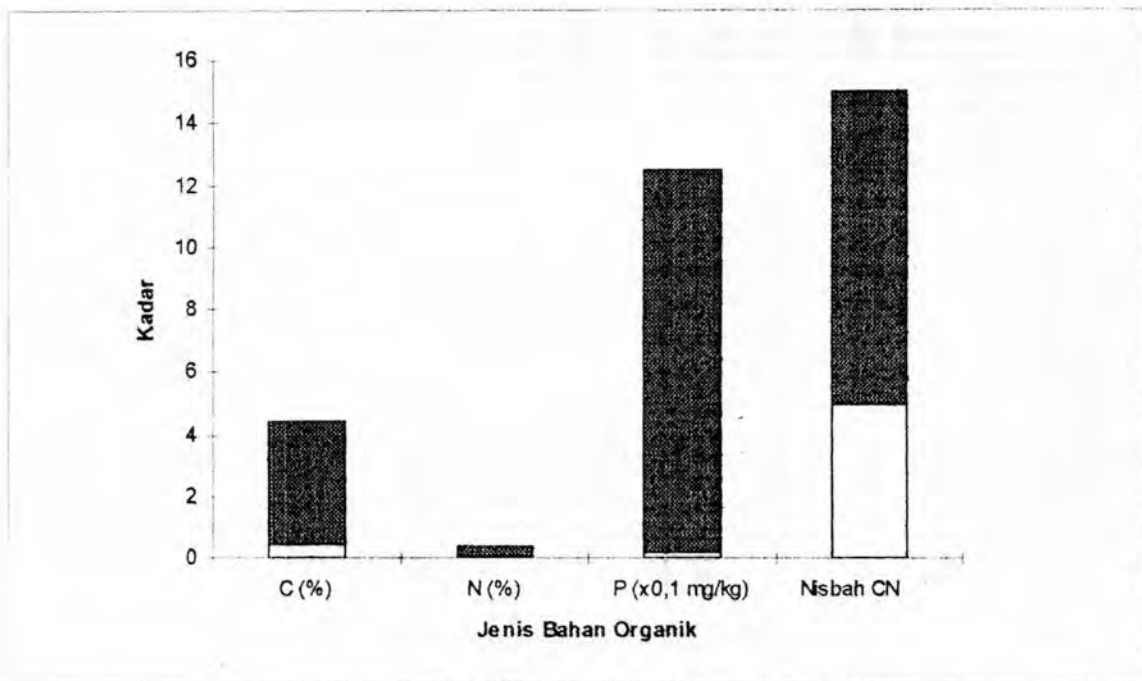
Nomer lokasi	C-organik total (%)	Nitrogen Total (%)	Nisbah C/N	P tersedia (ppm)
01	1,27 ± 0,10	0,11 ± 0,07	11 ± 4	13 ± 7
02	4,42 ± 0,23	0,47 ± 0,12	9 ± 5	15 ± 5
03	4,14 ± 1,02	0,40 ± 0,09	11 ± 2	46 ± 9
04	1,93 ± 0,40	0,21 ± 0,02	9 ± 2	4 ± 2
05	2,79 ± 0,13	0,24 ± 0,04	11 ± 4	8 ± 3
06	3,15 ± 0,28	1,28 ± 0,04	11 ± 3	70 ± 14
07	2,11 ± 0,19	0,17 ± 0,07	12 ± 2	6 ± 2
08	1,87 ± 0,08	0,17 ± 0,03	11 ± 1	17 ± 9
09	0,64 ± 0,17	0,08 ± 0,04	8 ± 1	125 ± 11
10	1,66 ± 0,12	0,17 ± 0,05	10 ± 2	9 ± 3
11	2,29 ± 0,28	0,18 ± 0,04	13 ± 3	25 ± 8
12	0,42 ± 0,10	0,08 ± 0,01	5 ± 1	32 ± 9
13	0,50 ± 0,14	0,10 ± 0,01	5 ± 2	10 ± 4
14	2,97 ± 0,38	0,23 ± 0,10	13 ± 4	18 ± 4
15	3,96 ± 1,02	0,38 ± 0,08	10 ± 4	5 ± 1
16	0,43 ± 0,14	0,07 ± 0,01	6 ± 2	13 ± 2
17	1,33 ± 0,27	0,16 ± 0,03	8 ± 2	25 ± 6
18	2,59 ± 0,42	0,22 ± 0,04	12 ± 4	12 ± 5
19	1,03 ± 0,30	0,11 ± 0,01	9 ± 4	21 ± 4
20	0,26 ± 0,11	0,14 ± 0,06	7 ± 1	6 ± 2
21	1,91 ± 0,22	0,20 ± 0,08	9 ± 1	6 ± 2
22	1,79 ± 0,42	0,14 ± 0,09	13 ± 2	26 ± 10
23	1,95 ± 0,42	0,14 ± 0,03	14 ± 2	27 ± 5
24	1,48 ± 0,21	0,14 ± 0,11	11 ± 4	2 ± 1
25	2,49 ± 0,18	0,17 ± 0,07	15 ± 3	13 ± 8
26	3,35 ± 0,28	0,25 ± 0,04	13 ± 4	38 ± 15
27	2,03 ± 0,72	0,17 ± 0,04	12 ± 2	20 ± 9
28	1,25 ± 0,32	0,11 ± 0,02	11 ± 1	27 ± 11
29	1,17 ± 0,41	0,15 ± 0,08	8 ± 1	36 ± 7
30	0,78 ± 0,32	0,08 ± 0,04	10 ± 4	35 ± 9
31	1,33 ± 0,57	0,09 ± 0,03	15 ± 5	36 ± 10

Keterangan : nilai rerata dari 3 ulangan

a. Nutrisi makro

Kadar bahan organik tanah bervariasi sebagai berikut, karbon organik berkisar antara 0,43 persen hingga 4,42 persen, N total antara 0,04 persen

hingga 0,40 persen, C/N ratio terendah 5 dan tertinggi 15, P tersedia antara 2 mg/kg hingga 125 mg/kg, seperti disajikan pada Tabel 5.4 dan Gambar 5.3. Sedangkan kandungan kation K^+ tersedia berkisar antara 0,29 me/100g hingga 4,46 me/100 g, Ca^{2+} tersedia antara 4,63 me/100 g hingga 22,50 me/100g, dan Mg^{2+} tersedia antara 0,15 me/100 g hingga tertinggi 6,66 me/100 g seperti pada Tabel 5.5 dan Gambar 5.4.



Gambar 5.3. Grafik histogram kisaran kadar bahan organik (C-organik, N, P dan nisbah C/N) tanah tempat tumbuh *Costus speciosus* alami⁸⁾

Keterangan : *). Satuan C-organik dan N (dalam %), P (dalam mg/kg atau ppm) dan nisbah C/N tanpa satuan.

**). Skala gambar untuk kadar P dikalikan 0,1.

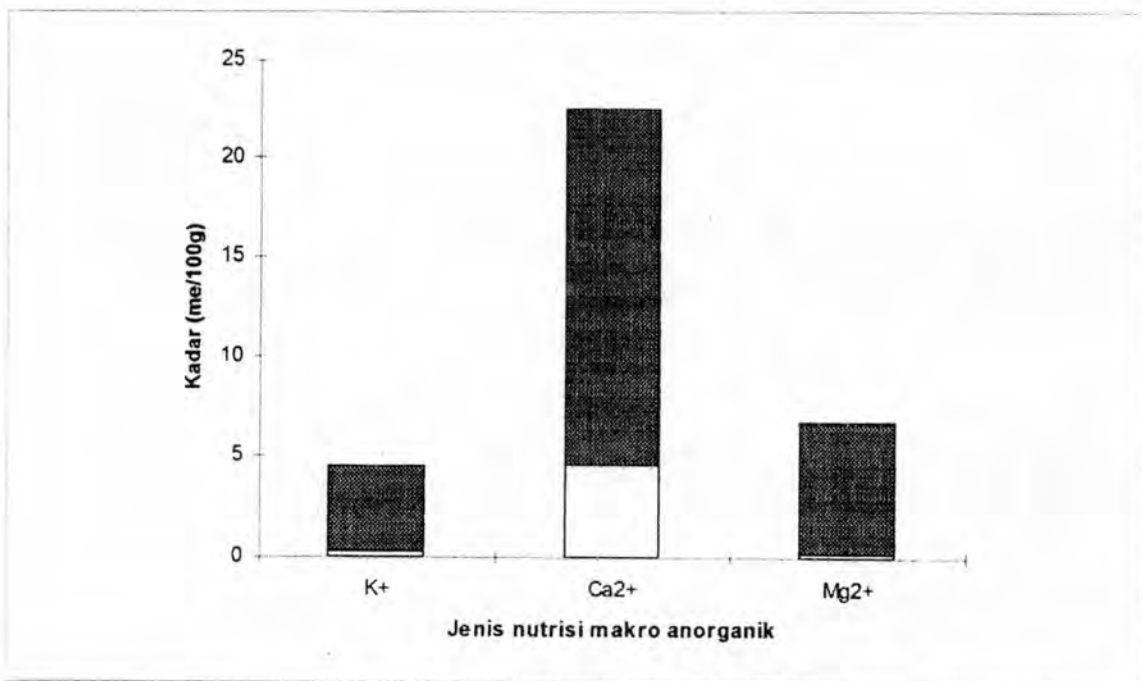
Tabel 5.5. Kadar nutrisi makro anorganik (K^+ , Ca^{2+} dan Mg^{2+}) tersedia tanah tempat tumbuh tanaman *Costus speciosus* alami.

Nomer lokasi	K^+ tersedia (me/100g)	Ca^{2+} tersedia (me/100g)	Mg^{2+} tersedia (me/100g)
01	1,27 ± 0,56	8,15 ± 1,20	1,63 ± 0,03
02	3,41 ± 0,08	10,14 ± 2,47	2,61 ± 0,41
03	2,45 ± 0,27	11,75 ± 2,04	2,35 ± 0,32
04	4,00 ± 0,32	7,50 ± 3,58	1,70 ± 0,07
05	3,74 ± 0,14	8,66 ± 0,98	2,16 ± 0,92
06	2,17 ± 0,56	6,50 ± 0,42	0,50 ± 0,42
07	2,72 ± 0,78	7,33 ± 1,12	1,79 ± 0,33
08	3,01 ± 1,02	10,71 ± 2,56	2,96 ± 0,05
09	4,46 ± 0,97	8,54 ± 1,27	0,32 ± 0,03
10	2,53 ± 0,56	8,91 ± 0,12	1,62 ± 0,42
11	2,78 ± 0,21	9,90 ± 1,72	2,50 ± 0,35
12	1,23 ± 0,14	6,00 ± 2,03	2,84 ± 0,42
13	1,37 ± 0,26	5,71 ± 0,98	3,55 ± 0,35
14	4,17 ± 0,03	11,66 ± 2,76	6,66 ± 0,78
15	2,61 ± 1,03	10,83 ± 0,50	4,16 ± 0,35
16	1,29 ± 0,68	4,63 ± 1,70	1,54 ± 0,82
17	2,92 ± 0,13	9,06 ± 0,56	0,16 ± 0,03
18	2,66 ± 0,34	11,58 ± 0,82	2,13 ± 0,64
19	2,15 ± 0,57	9,24 ± 1,03	5,77 ± 0,05
20	1,77 ± 1,01	4,63 ± 0,42	0,77 ± 0,72
21	2,58 ± 0,56	8,24 ± 1,59	2,14 ± 1,56
22	2,97 ± 0,32	17,85 ± 4,78	1,80 ± 0,48
23	1,72 ± 0,48	14,55 ± 0,59	0,15 ± 0,06
24	1,96 ± 0,03	17,85 ± 3,27	2,85 ± 0,83
25	2,35 ± 0,08	22,50 ± 2,03	0,45 ± 0,04
26	3,13 ± 0,48	9,15 ± 1,27	3,45 ± 0,64
27	3,29 ± 0,56	16,35 ± 4,96	5,55 ± 0,25
28	0,29 ± 0,10	13,65 ± 5,72	0,60 ± 0,56
29	3,13 ± 0,82	20,70 ± 0,60	0,30 ± 0,08
30	1,88 ± 0,03	10,65 ± 2,81	3,00 ± 0,27
31	1,88 ± 0,49	15,75 ± 1,72	0,30 ± 0,03

Keterangan : Nilai rerata dari 3 ulangan.

Hasil analisis multiregresi menunjukkan bahwa kadar diosgenin dipengaruhi nyata oleh nutrisi makro dalam tanah ($p=0,015$ pada Lampiran 26). Analisis keragaman parsial menunjukkan, kadar Ca^{2+} tersedia berpengaruh nyata terhadap kadar diosgenin ($p=0,015$ Lampiran 26), dan

sangat nyata ($p=0,006$ Lampiran 27). Hal tersebut diperkuat oleh nilai koefisien korelasi pada Lampiran 9 bahwa kadar Ca^{2+} tersedia pada tanah mempunyai korelasi nyata ($r=0,435$ dan $p=0,015$) dengan kadar diosgenin. Hubungan negatif antara kadar Ca^{2+} tersedia pada tanah dengan kadar diosgenin pada rimpang berupa multiregresi kuadrat ($p=0,045$ dan $R^2=0,198$), dengan persamaan $Y = 0,6534 - 0,0275 X + 0,0006 X^2$ (Lampiran 28).



Gambar 5.4. Grafik histogram kisaran kadar nutrisi makro anorganik (K^+ , Ca^{2+} dan Mg^{2+}) tersedia tanah tempat tumbuh *Costus speciosus* alami

b. Nutrisi mikro

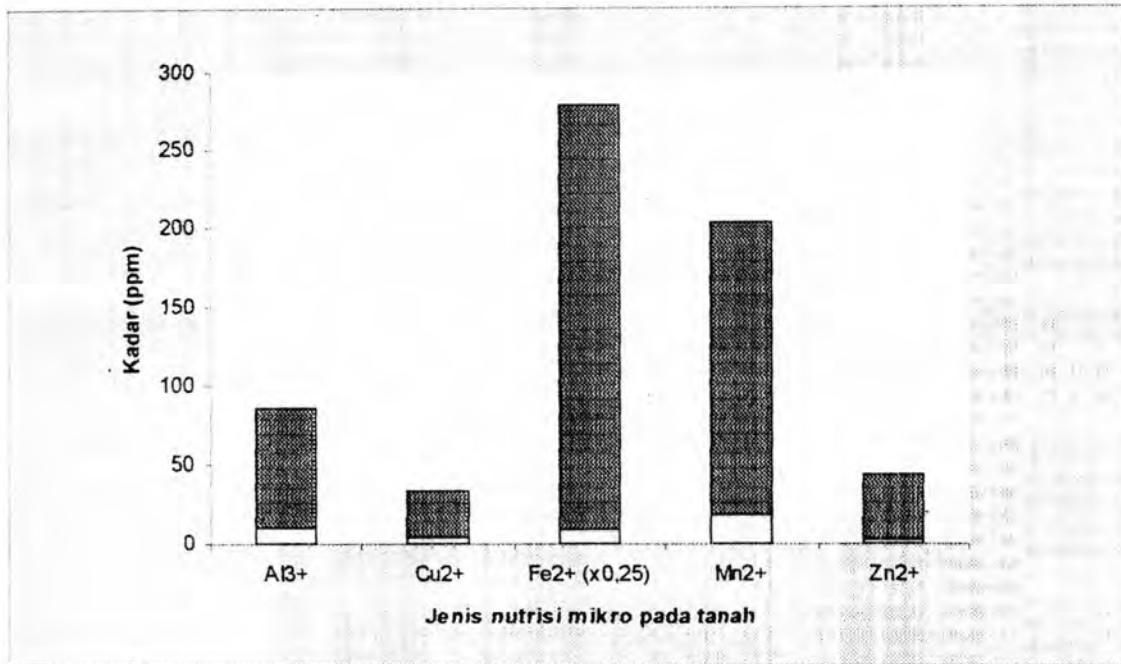
Kandungan nutrisi mikro tanah tempat tumbuh *Costus speciosus* alami adalah sebagai berikut : kadar kation Al^{3+} tersedia pada tanah berkisar antara

10,7 ppm hingga 74,6 ppm, Fe^{2+} antara 37,4 ppm hingga 1075,0 ppm, Mn^{2+} antara 18,3 ppm hingga 184,5 ppm, Zn^{2+} antara 2,9 ppm hingga 40,7 ppm dan Cu^{2+} antara 3,9 ppm hingga 28,8 ppm, rincian kadar kelima nutrisi mikro tersedia dalam tanah disajikan pada Tabel 5.6 dan Gambar 5.5.

Tabel 5.6. Kadar nutrisi mikro (Al^{3+} , Cu^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} dan Zn^{2+}) tersedia pada tanah tempat tumbuh tanaman *Costus speciosus* alami

Nomer lokasi	Al^{3+} tersedia (ppm)	Fe^{2+} tersedia (ppm)	Mn^{2+} tersedia (ppm)	Zn^{2+} tersedia (ppm)	Cu^{2+} tersedia (ppm)
01	16,2 ± 0,1	168,1 ± 11,6	26,4 ± 1,3	3,3 ± 1,1	18,5 ± 0,5
02	53,5 ± 1,4	120,6 ± 14,6	87,4 ± 0,2	28,9 ± 11,3	9,3 ± 0,7
03	74,6 ± 16,5	135,8 ± 20,0	109,9 ± 1,9	13,1 ± 1,1	8,6 ± 0,1
04	33,9 ± 0,5	114,1 ± 10,7	36,1 ± 1,4	8,4 ± 0,5	11,8 ± 0,3
05	19,8 ± 2,1	80,5 ± 6,7	44,4 ± 1,9	7,4 ± 0,3	27,8 ± 0,6
06	51,0 ± 1,5	143,5 ± 15,5	58,2 ± 1,6	24,9 ± 2,3	8,6 ± 0,2
07	34,9 ± 1,1	110,2 ± 13,3	110,4 ± 4,6	9,9 ± 1,6	22,2 ± 1,1
08	43,9 ± 0,6	252,2 ± 25,2	133,1 ± 5,4	36,6 ± 1,8	14,5 ± 3,2
09	18,8 ± 1,4	222,1 ± 18,3	45,5 ± 2,3	13,4 ± 1,9	27,8 ± 0,9
10	21,6 ± 1,4	94,5 ± 4,7	98,4 ± 2,6	8,9 ± 0,6	10,3 ± 0,9
11	26,6 ± 0,6	124,9 ± 11,0	84,8 ± 13,6	15,7 ± 1,8	26,2 ± 1,3
12	29,0 ± 0,6	278,3 ± 21,4	50,1 ± 2,7	4,8 ± 1,1	21,2 ± 1,0
13	43,9 ± 0,6	374,1 ± 29,3	55,2 ± 2,9	4,2 ± 0,4	12,2 ± 1,0
14	62,0 ± 3,5	130,2 ± 14,6	95,1 ± 3,5	16,6 ± 2,4	18,0 ± 2,3
15	47,4 ± 1,3	135,5 ± 12,4	47,9 ± 1,2	15,6 ± 0,9	7,4 ± 0,3
16	51,1 ± 1,1	301,1 ± 28,8	98,8 ± 0,7	4,9 ± 0,5	28,8 ± 0,9
17	25,6 ± 1,4	113,4 ± 14,4	50,6 ± 1,9	11,9 ± 0,6	8,9 ± 1,4
18	50,2 ± 1,6	131,0 ± 20,7	98,0 ± 1,4	7,8 ± 0,9	8,4 ± 0,4
19	14,8 ± 1,4	1075,8 ± 133,4	117,8 ± 2,9	15,2 ± 1,2	14,2 ± 2,3
20	52,3 ± 0,9	77,1 ± 4,2	18,3 ± 1,5	2,9 ± 0,8	27,6 ± 0,3
21	66,1 ± 15,8	77,5 ± 9,5	45,9 ± 1,5	8,7 ± 0,6	19,8 ± 0,7
22	10,7 ± 1,5	255,1 ± 25,0	105,4 ± 6,8	8,7 ± 0,5	12,7 ± 0,5
23	44,2 ± 0,9	271,6 ± 26,4	184,5 ± 24,4	13,7 ± 1,0	16,6 ± 0,5
24	25,1 ± 0,8	50,6 ± 1,8	73,7 ± 1,4	19,4 ± 0,8	7,4 ± 0,4
25	24,2 ± 0,2	63,6 ± 8,5	91,6 ± 1,7	8,4 ± 0,4	6,9 ± 0,7
26	37,2 ± 1,9	37,4 ± 4,3	37,1 ± 1,4	30,5 ± 0,5	13,9 ± 0,6
27	60,6 ± 0,9	339,8 ± 42,1	87,0 ± 1,1	40,7 ± 1,9	3,9 ± 1,4
28	40,2 ± 0,4	315,1 ± 34,8	89,6 ± 2,4	9,9 ± 0,4	5,1 ± 1,3
29	26,9 ± 1,3	77,3 ± 11,6	42,9 ± 15,3	4,3 ± 0,1	6,9 ± 0,9
30	37,6 ± 1,3	880,6 ± 118,1	35,8 ± 2,9	27,8 ± 1,0	28,8 ± 9,1
31	35,8 ± 0,6	880,6 ± 74,0	257,1 ± 2,2	19,2 ± 1,0	23,5 ± 0,4

Keterangan : nilai rerata dari 3 ulangan



Gambar 5.5. Grafik histogram kisaran kadar nutrisi mikro (Al^{3+} , Cu^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} dan Zn^{2+}) tersedia tanah tempat tumbuh *Costus speciosus* alami

Keterangan : *) Skala gambar untuk kadar Fe^{2+} dikalikan 0,25.

pH tanah tempat tumbuh *Costus speciosus* alami mempunyai nilai antara 6,1 hingga 7,9 (dalam pelarut air) dan pada pelarut KCl antara 4,5 hingga 6,9, kapasitas tukar kation pada tanah berkisar antara 8,76 me/100 g hingga 34,26 me/100g, jumlah basa antara 7,36 me/100 g hingga 27,04 me/100g, dan kejenuhan basa antara 59 persen hingga 100 persen seperti disajikan pada Tabel 5.7 .

Tabel 5.7. Kapasitas tukar kation, jumlah basa, kejenuhan basa dan pH tanah tempat tumbuh *Costus speciosus* alami*

Nomer lokasi	KTK (me/100g)	Jumlah basa (me/100g)	Kejenuhan basa (%)	pH (pelarut air)	pH (pelarut KCl)
01	16,23 ± 2,51	11,95 ± 1,86	73,63 ± 4,29	6,6 ± 0,2	5,0 ± 0,1
02	26,05 ± 0,48	19,18 ± 2,79	73,01 ± 5,72	6,3 ± 0,1	5,2 ± 0,1
03	18,94 ± 2,67	18,87 ± 2,68	99,63 ± 11,2	7,1 ± 0,2	5,7 ± 0,1
04	16,97 ± 2,10	16,92 ± 0,59	99,71 ± 8,21	6,5 ± 0,3	4,5 ± 0,1
05	21,46 ± 0,93	18,40 ± 2,51	86,74 ± 7,80	6,2 ± 0,2	4,6 ± 0,1
06	14,07 ± 2,70	11,12 ± 1,02	79,03 ± 10,23	6,1 ± 0,1	4,9 ± 0,1
07	22,13 ± 1,85	14,25 ± 2,56	64,39 ± 14,31	6,8 ± 0,1	5,3 ± 0,1
08	16,85 ± 4,53	19,97 ± 3,46	118,52 ± 13,28	6,9 ± 0,1	5,7 ± 0,2
09	16,06 ± 0,72	18,03 ± 2,56	112,27 ± 11,25	6,9 ± 0,2	5,6 ± 0,1
10	20,43 ± 6,51	20,45 ± 1,56	100,09 ± 6,73	6,3 ± 0,1	5,2 ± 0,1
11	23,23 ± 4,28	17,77 ± 2,72	76,50 ± 9,28	7,2 ± 0,3	6,1 ± 0,2
12	12,55 ± 4,08	11,91 ± 2,13	94,90 ± 5,82	6,8 ± 0,2	5,4 ± 0,1
13	12,31 ± 3,91	11,20 ± 0,37	90,98 ± 6,21	7,1 ± 0,1	5,8 ± 0,1
14	28,33 ± 4,85	26,08 ± 3,59	92,06 ± 8,94	7,3 ± 0,2	5,9 ± 0,1
15	20,58 ± 3,12	19,39 ± 2,70	94,22 ± 6,90	6,9 ± 0,2	5,0 ± 0,1
16	10,25 ± 0,46	7,95 ± 0,72	77,56 ± 2,12	6,2 ± 0,1	5,1 ± 0,1
17	15,39 ± 3,28	14,37 ± 4,58	93,37 ± 4,25	6,7 ± 0,3	5,0 ± 0,1
18	24,21 ± 0,45	17,56 ± 0,03	72,53 ± 1,28	6,7 ± 0,3	5,0 ± 0,1
19	23,88 ± 4,75	17,57 ± 1,25	65,20 ± 4,85	7,1 ± 0,3	6,1 ± 0,2
20	10,26 ± 0,18	7,36 ± 1,56	71,73 ± 2,95	6,6 ± 0,1	5,3 ± 0,1
21	18,76 ± 4,92	15,76 ± 1,79	84,00 ± 4,62	6,3 ± 0,1	4,9 ± 0,1
22	21,31 ± 2,75	24,28 ± 5,26	113,94 ± 10,46	7,9 ± 0,2	6,9 ± 0,2
23	21,12 ± 0,56	17,11 ± 4,58	81,01 ± 5,54	7,9 ± 0,1	6,8 ± 0,2
24	34,26 ± 7,59	23,49 ± 0,72	68,56 ± 3,46	7,3 ± 0,3	6,2 ± 0,1
25	19,12 ± 1,56	26,55 ± 4,37	138,60 ± 1,86	7,9 ± 0,1	6,9 ± 0,1
26	29,08 ± 0,27	18,41 ± 0,40	63,31 ± 1,46	6,3 ± 0,1	5,3 ± 0,1
27	33,86 ± 5,69	27,04 ± 3,12	79,86 ± 7,62	7,4 ± 0,2	6,3 ± 0,1
28	25,10 ± 3,28	14,85 ± 0,98	59,16 ± 4,56	7,5 ± 0,1	6,2 ± 0,1
29	14,14 ± 0,56	26,99 ± 1,72	190,88 ± 23,85	7,6 ± 0,1	6,9 ± 0,1
30	24,90 ± 1,13	16,32 ± 0,56	66,54 ± 7,56	7,0 ± 0,1	6,0 ± 0,1
31	18,76 ± 1,19	19,32 ± 0,74	102,98 ± 13,25	7,6 ± 0,1	6,9 ± 0,1

Keterangan* : a. Satu me/100 g setara dengan 1 mg H⁺/100 g, atau 23 mg Na⁺/100 g atau setara dengan 20 mg Ca²⁺/100g
b. Nilai rerata dari 3 ulangan

Hasil analisis multiregresi menunjukkan nutrisi mikro tersedia pada tanah berpengaruh sangat nyata ($p=0,003$ pada Lampiran 33) terhadap total diosgenin. Analisis keragaman parsial menunjukkan Cu²⁺ tersedia tanah

berpengaruh (sangat nyata $p=0,002$ pada Lampiran 33 dan nyata $p=0,02$ Lampiran 34), dan Al^{3+} tersedia berpengaruh nyata ($p=0,031$ Lampiran 33). Akan tetapi berdasarkan nilai koefisien korelasi pada Lampiran 10, hanya kadar Cu^{2+} tersedia tanah yang mempunyai korelasi sangat nyata ($r=0,477$ dan $p=0,007$) dengan kadar diosgenin, sedangkan Al^{3+} tidak nyata ($r=0,257$ dan $p=0,162$).

Hubungan positif antara kadar Cu^{2+} tersedia pada tanah dengan kadar diosgenin nyata pada multiregresi kuadratik ($p=0,021$ dan $R^2=0,238$), dengan persamaan $Y = 0,2662 + 0,0146 X - 0,0002 X^2$ seperti pada Lampiran 35.

5.1.4. Variabel dominan yang berpengaruh terhadap kadar diosgenin dan total diosgenin

Hasil analisis multiregresi variabel berpengaruh nyata terhadap kadar diosgenin yaitu bobot kering daun, kadar Ca^{2+} dan Cu^{2+} tersedia tanah, terdapat pengaruh sangat nyata ($p=0,007$) seperti pada Lampiran 46. Analisis keragaman parsial menunjukkan variabel yang dominan berpengaruh terhadap kadar diosgenin adalah Cu^{2+} tersedia tanah ($p=0,007$) pada Lampiran 46 dan 47. Diperkuat oleh hasil analisis multiregresi variabel yang berkorelasi nyata dengan kadar diosgenin yaitu bobot kering daun ($r=-0,395$ dan $p=0,028$), Ca^{2+} tersedia pada tanah ($r=-0,435$ dan $p=0,015$) serta Cu^{2+} tersedia tanah ($r=0,477$ dan $p=0,007$) dan jumlah basa ($r=-0,417$ dan $p=0,020$), hasil analisis keragaman parsial menunjukkan hanya Cu^{2+} tersedia tanah yang berpengaruh sangat nyata ($p=0,007$ Lampiran 47).

Hubungan positif antara kadar Cu^{2+} tersedia tanah dengan kadar diosgenin rimpang *Costus speciosus* alami berupa multiregresi kuadratik

($p=0,021$ dan $R^2=0,238$), dengan persamaan $Y = 0,2662 + 0,0146 X - 0,0002 X^2$ (Lampiran 35).

5.2. Penelitian Tahap 2 : Pengaruh Kadar Nutrisi Cu^{2+} Yang Ditambahkan Dalam Media Tanah Terhadap Kandungan Diosgenin Rimpang *Costus speciosus*

5.2.1. Kandungan Cu^{2+} tersedia pada tanah dan kadar Cu^{2+} daun tanaman *Costus speciosus*

Hasil analisis keragaman pada Lampiran 51, terdapat perbedaan sangat nyata ($p=0,000$) antara penambahan Cu^{2+} pada tanah dengan tingkat 0-230 ppm terhadap kadar Cu^{2+} tersedia pada tanah. Selanjutnya pada Tabel 5.8 dan Gambar 5.6 terlihat bahwa penambahan Cu^{2+} pada tanah akan menaikkan kadar Cu^{2+} tersedia tanah, Cu^{2+} tersedia tanah terendah sebesar 8,8 ppm pada kontrol dan tertinggi sebesar 137,5 ppm pada penambahan Cu^{2+} 230 ppm.

Tabel 5.8. Kadar Cu^{2+} tersedia pada tanah dan kadar Cu^{2+} daun tanaman *Costus speciosus* setelah mengalami elisitasi selama 4 bulan

Penambahan Cu^{2+} pada tanah	Kadar Cu^{2+} tersedia tanah (ppm)	Kadar Cu^{2+} daun (ppm)
0 ppm	8,8 ± 0,7 a	9,8 ± 0,4 a
4 ppm	9,0 ± 0,4 a	14,8 ± 0,6 a
28 ppm	13,2 ± 1,3 ab	36,9 ± 0,3 c
65 ppm	25,2 ± 0,8 b	31,1 ± 1,2 bc
115 ppm	53,6 ± 2,4 c	28,4 ± 0,9 b
170 ppm	110,2 ± 3,8 d	27,3 ± 0,6 b
230 ppm	137,5 ± 2,7 e	27,3 ± 0,5 b

Keterangan : Angka pada kolom sama yang didampingi oleh notasi (huruf) beda berarti berbeda nyata pada uji BNT 5 %.

Pada kontrol (tanpa penambahan Cu^{2+}) kadar Cu^{2+} tersedia tanah sebesar 8,8 ppm yang tidak berbeda nyata dengan penambahan 4 ppm (Cu^{2+} tersedia tanah 9,0 ppm) dan penambahan Cu^{2+} 28 ppm (Cu^{2+} tersedia tanah 13,2 ppm). Akan tetapi berbeda nyata dengan penambahan Cu^{2+} 65 ppm (Cu^{2+} tersedia tanah 25,2 ppm), dan penambahan Cu^{2+} 65 ppm berbeda nyata dengan penambahan 115 ppm, 170 ppm dan 230 ppm. Kadar Cu^{2+} tersedia tanah pada penambahan Cu^{2+} 115 ppm sebesar 53,6 ppm, pada penambahan Cu^{2+} 170 ppm sebesar 110,2 dan pada penambahan Cu^{2+} 230 ppm sebesar 137,5 ppm.

Pada penambahan Cu^{2+} 0-115 ppm, hubungan positif antara penambahan Cu^{2+} kadar 0-115 ppm dengan kadar Cu^{2+} tersedia tanah nyata pada regresi kuadrat ($p=0,000$ dan $R^2=0,989$) berupa persamaan $Y = 8,7705 + 0,07544 X + 0,00273174 X^2$ (Lampiran 52).

Analisis serupa terhadap kadar nutrisi mikro Cu^{2+} daun (Lampiran 52), terdapat perbedaan yang sangat nyata ($p=0,000$) antara penambahan Cu^{2+} pada tanah dengan kadar Cu^{2+} daun *Costus speciosus*. Hasil pengamatan kadar Cu^{2+} daun setelah tanah mengalami penambahan Cu^{2+} dalam bentuk $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, menunjukkan bahwa kenaikan kadar Cu^{2+} yang ditambahkan pada tanah mengakibatkan kenaikan kadar Cu^{2+} pada daun. Cu^{2+} pada daun tertinggi sebesar 36,9 ppm terdapat pada penambahan Cu^{2+} 28 ppm dan terendah pada kontrol (tanpa penambahan Cu^{2+}) yaitu sebesar 9,8 ppm. Rincian kadar Cu^{2+} pada daun disajikan pada Tabel 5.8.

Tanpa penambahan Cu^{2+} pada tanah (kontrol) kadar Cu^{2+} daun 9,8 ppm yang tidak berbeda nyata dengan penambahan Cu^{2+} 4 ppm yaitu sebesar 14,8 ppm, akan tetapi berbeda nyata dengan penambahan 28 ppm ke atas. Penambahan Cu^{2+} 28 ppm mengakibatkan kadar Cu^{2+} daun 36,9 ppm yang

tidak berbeda nyata dengan penambahan 65 ppm yaitu sebesar 31,1 ppm. Akan tetapi berbeda nyata dengan penambahan 115 ppm, 170 ppm dan 230 ppm, masing-masing kupri daun sebesar 28,4 ppm, 27,3 ppm dan 27,3 ppm.

Dengan menggunakan pedoman kadar Cu^{2+} pada daun tanaman, terlihat bahwa kenaikan Cu^{2+} sebagai *elisitor* mempunyai batas optimal antara 28 ppm sampai dengan 65 ppm. Pada rentang tingkat tersebut kadar Cu^{2+} daun mencapai nilai tertinggi yaitu 36,9 ppm. Di atas tingkat tersebut penggunaan *elisitor* nutrisi mikro Cu^{2+} justru menurunkan kadar Cu^{2+} daun, pada penambahan 65 ppm (Cu^{2+} daun sebesar 31,1 ppm), pada penambahan 115 ppm (Cu^{2+} daun sebesar 28,4 ppm), pada penambahan 170 ppm (Cu^{2+} daun sebesar 27,3 ppm) dan pada penambahan 230 ppm (Cu^{2+} sebesar 27,3 ppm).

Perilaku hubungan positif antara penambahan Cu^{2+} pada tanah tingkat 0 hingga 115 ppm terhadap kadar Cu^{2+} daun nyata pada regresi kuadrat ($p=0,000$ dan $R^2=0,772$), dengan persamaan $Y = 12,734 + 0,70767 X - 0,0050803 X^2$ (Lampiran 54).

5.2.2. Luas daun dan luas daun spesifik (LDS)

Hasil analisis keragaman menunjukkan terdapat perbedaan yang sangat nyata (0,001) antara tingkat penambahan Cu^{2+} pada tanah dengan luas daun seperti disajikan pada Lampiran 55. Luas daun terendah terdapat pada perlakuan kontrol (tanpa penambahan Cu^{2+}) sebesar 1.308,12 $\text{cm}^2/\text{rumpun}$, yang berbeda nyata dengan perlakuan lain (tingkat penambahan Cu^{2+} mulai dari 4 ppm hingga 230 ppm), dan tertinggi pada penggunaan Cu^{2+} 28 ppm sebagai induser yaitu sebesar 1.924,13 $\text{cm}^2/\text{rumpun}$. Pada perlakuan Cu^{2+} 65

ppm luas daun 1.665,08 cm²/rumpun dan pada penambahan Cu²⁺ 115 ppm luas daun sebesar 1.786,99 cm²/rumpun.

Hal tersebut menunjukkan adanya penambahan Cu²⁺ dalam tanah menyebabkan kenaikan luas daun tanaman *Costus speciosus*. Karakteristik daun akibat perbedaan tingkat penambahan Cu²⁺ pada tanah disajikan pada Tabel 5.9. Hubungan positif antara penambahan Cu²⁺ tingkat 0-115 ppm pada tanah dengan luas daun nyata pada regresi kuadrat ($p=0,028$ dan $R^2=0,141$), dengan persamaan $Y = 1478,40 + 9,900 X - 0,06610 X^2$ seperti pada Lampiran 56.

Analisis serupa pada Lampiran 57, menunjukkan bahwa kadar Cu²⁺ yang ditambahkan pada tanah berpengaruh sangat nyata ($p=0,005$) terhadap luas daun spesifik (LDS) tanaman *Costus speciosus*. Nilai luas daun spesifik (LDS), semakin besar dengan semakin besarnya kadar Cu²⁺ yang ditambahkan pada tanah.

Tabel 5.9. Luas daun dan luas daun spesifik tanaman *Costus speciosus* setelah mengalami elisitasi Cu²⁺ selama 4 bulan

Penambahan Cu ²⁺ pada tanah	Luas daun (cm ² /rumpun)	Luas daun spesifik (cm ² /g)
0 ppm	1308,12 ± 269,39 a	806,15 ± 116,57 a
4 ppm	1602,52 ± 285,56 b	1003,71 ± 145,50 b
28 ppm	1924,13 ± 464,28 c	1087,08 ± 131,51 b
65 ppm	1665,98 ± 262,14 b	1076,47 ± 211,80 b
115 ppm	1786,99 ± 284,14 bc	1133,78 ± 421,69 b
170 ppm	1810,44 ± 366,98 bc	1074,64 ± 158,48 b
230 ppm	1897,05 ± 231,54 c	1025,07 ± 166,43 b

Keterangan : Angka pada kolom sama yang didampingi oleh notasi (huruf) beda berarti berbeda nyata pada uji BNT 5 %.

Pada kontrol (tanpa penambahan Cu²⁺) nilai LDS terendah yaitu sebesar 806,15 ± 116,57 cm²/g dan tertinggi pada penambahan Cu²⁺ 115 ppm yaitu

sebesar $1133,78 \pm \text{cm}^2/\text{g}$, hal tersebut menunjukkan bahwa semakin besar nilai LDS semakin tipis daun tanaman. Hubungan positif antara penambahan Cu^{2+} tingkat 0-115 ppm pada tanah dengan luas daun spesifik (LDS) nyata pada regresi kuadrat ($p=0,003$ dan $R^2=0,216$), dengan persamaan $Y = 889,51 + 3,988 X - 0,031634 X^2$, disajikan pada Lampiran 58.

5.2.3. Biomassa tanaman

Pada Lampiran 59, menunjukkan bahwa perlakuan penambahan Cu^{2+} 0-230 ppm pada tanah berpengaruh nyata ($p=0,024$) terhadap bobot kering daun. Bobot kering daun terendah sebesar 1,60 g/rumpun dihasilkan pada perlakuan Cu^{2+} 4 ppm, yang tidak berbeda nyata dengan kontrol (tanpa penambahan Cu^{2+} pada tanah) sebesar 1,61 g/rumpun, perlakuan Cu^{2+} 65 ppm, 115 ppm dan 170 ppm. Akan tetapi berbeda nyata dengan perlakuan Cu^{2+} 230 ppm yang menghasilkan bobot kering daun tertinggi sebesar 1,88 g/rumpun. Pada tingkat penambahan Cu^{2+} 0-115 ppm, pengaruh Cu^{2+} yang ditambahkan tersebut tidak nyata linier ($p=0,729$) dan tak nyata kuadrat ($p=0,439$) terhadap bobot kering daun (Lampiran 60).

Hasil analisis keragaman seperti pada Lampiran 61, menunjukkan terdapat perbedaan yang sangat nyata ($p=0,001$), antara perlakuan penambahan Cu^{2+} tingkat 0-230 ppm pada tanah terhadap bobot kering batang tanaman *Costus speciosus*. Nilai rerata bobot kering batang tanaman *Costus speciosus* setelah mengalami elisitasi seperti pada Tabel 5.10. Pada penambahan Cu^{2+} sebesar 4 ppm dan 28 ppm tidak berbeda nyata dengan kontrol (tanpa penambahan Cu^{2+} pada tanah), akan tetapi berbeda nyata dengan penambahan Cu^{2+} 65 hingga 230 ppm.

Bobot kering batang terendah pada perlakuan kontrol (tanpa penambahan Cu^{2+}) yaitu sebesar 1,89 g/rumpun yang tidak berbeda nyata dengan perlakuan Cu^{2+} 4 ppm (bk batang 1,93 g) dan Cu^{2+} 28 ppm (bk. batang 1,98 g/rumpun). Pada penambahan Cu^{2+} 65 ppm (bk batang 2,90 g/rumpun) tidak berbeda nyata dengan penambahan Cu^{2+} 115 ppm (bk batang 2,33 g/rumpun), tetapi berbeda nyata dengan penambahan Cu^{2+} 170 ppm (bk batang 2,35 g/rumpun) dan penambahan Cu^{2+} 230 ppm (bk batang 2,71 g/rumpun).

Tabel 5.10. Biomassa tanaman *Costus speciosus* setelah mengalami elisitasi Cu^{2+} selama 4 bulan

Penambahan Cu^{2+} pada tanah	Bobot kering daun (g/rumpun)	Bobot kering batang (g/rumpun)	Bobot kering Rimpang (g/rumpun)	Bobot kering Akar (g/rumpun)	Total biomassa (g/rumpun)
0 ppm	1,61 ± 0,15 a	1,89 ± 0,36 a	0,86 ± 0,23 ab	0,62 ± 0,19	4,97 ± 0,69 a
4 ppm	1,60 ± 0,22 a	1,93 ± 0,22 a	0,80 ± 0,15 ab	0,54 ± 0,13	4,88 ± 0,45 a
28 ppm	1,77 ± 0,34 ab	1,98 ± 0,45 ab	0,81 ± 0,30 ab	0,67 ± 0,12	5,97 ± 1,03 b
65 ppm	1,60 ± 0,23 a	2,90 ± 0,63 c	0,73 ± 0,15 a	0,58 ± 0,12	4,89 ± 1,21 a
115 ppm	1,63 ± 0,37 a	2,33 ± 0,41 b	0,84 ± 0,18 ab	0,55 ± 0,11	5,35 ± 0,94 ab
170 ppm	1,68 ± 0,22 a	2,35 ± 0,38 b	0,95 ± 0,16 b	0,61 ± 0,14	5,54 ± 0,77 ab
230 ppm	1,88 ± 0,32 b	2,71 ± 0,50 c	1,12 ± 0,28 b	0,69 ± 0,14	6,40 ± 1,06 b

Keterangan : Angka pada kolom sama yang didampingi oleh notasi (huruf) beda berarti berbeda nyata pada uji BNT 5 %

Pada tingkat penambahan 0-115 ppm, hubungan positif antara penambahan Cu^{2+} pada tanah dengan bobot kering batang nyata pada regresi linier ($p=0,048$ dan $R^2=0,179$), dengan persamaan $Y = 1,9568 + 0,002960 X$ disajikan pada Lampiran 62.

Analisis keragaman terhadap bobot kering rimpang pada Lampiran 63, terdapat perbedaan yang sangat nyata ($p=0,001$) antara penambahan Cu^{2+} pada tanah dengan bobot kering rimpang tanaman *Costus speciosus*. Bobot kering

rimpang tanaman *Costus speciosus* meningkat dengan semakin tingginya kadar Cu^{2+} yang ditambahkan pada tanah. Bobot kering rimpang terendah pada perlakuan penambahan Cu^{2+} 65 ppm yaitu sebesar 0,73 g dan tertinggi pada penambahan Cu^{2+} 230 ppm sebesar 1,12 g.

Bobot kering rimpang pada perlakuan penambahan Cu^{2+} 65 ppm berbeda nyata dengan perlakuan lainnya, sedangkan bobot kering rimpang pada kontrol tidak berbeda nyata dengan perlakuan penambahan Cu^{2+} 4 ppm, 28 ppm, 115 ppm, 170 ppm dan 230 ppm. Nilai bobot kering rimpang pada kontrol sebesar 0,86 g/ rumpun, pada penambahan Cu^{2+} 4 ppm sebesar 0,80 g/ rumpun, pada penambahan Cu^{2+} 28 ppm 0,81 g/rumpun, pada penambahan tembaga 115 ppm sebesar 0,84/rumpun, pada penambahan Cu^{2+} 170 ppm sebesar 0,95 g/ rumpun dan pada 230 ppm sebesar 1,12 g/ rumpun.

Akan tetapi pada penambahan Cu^{2+} tingkat 0-115 ppm, hubungan antara penambahan Cu^{2+} pada tanah dengan bobot kering rimpang tidak menunjukkan pola yang nyata pada regresi linier ($p=0,866$) dan kuadrat ($p=0,720$) seperti pada Lampiran 63. Kenaikan kadar Cu^{2+} yang ditambahkan dalam media tanah dari 0 hingga 230 ppm, tidak menyebabkan perbedaan yang nyata terhadap bobot kering akar tanaman *Costus speciosus* seperti pada Lampiran 64. Bobot kering akar terendah dihasilkan pada perlakuan elisitasi (penambahan) Cu^{2+} 4 ppm yaitu sebesar 0,54 g/rumpun dan tertinggi pada penambahan Cu^{2+} 230 ppm sebesar 0,69 g/rumpun.

Total biomassa tanaman *Costus speciosus* dipengaruhi sangat nyata ($p=0,003$) oleh kadar Cu^{2+} yang ditambahkan pada tanah pada kadar penambahan 0 hingga 230 ppm (Lampiran 67). Total biomassa tanaman terendah terjadi perlakuan elisitasi Cu^{2+} 4 ppm yaitu sebesar 4,88 g/rumpun yang tidak berbeda nyata dengan kontrol (tanpa penambahan Cu^{2+}) sebesar

4,97 g/rumpun dan Cu^{2+} 65 ppm sebesar 4,89 g/rumpun. Ketiga nilai total biomassa tanaman tersebut berbeda nyata dengan keempat perlakuan lain, nilai total biomassa pada perlakuan Cu^{2+} 28 ppm sebesar 5,97 g/rumpun, pada Cu^{2+} 115 ppm sebesar 5,35 g/rumpun, pada perlakuan Cu^{2+} 115 ppm sebesar 5,35 g/rumpun, Cu^{2+} 170 ppm sebesar 5,54 g/rumpun dan Cu^{2+} 230 ppm sebesar 6,40 g/rumpun.

Pada tingkat 0-115 ppm, hubungan antara Cu^{2+} yang ditambahkan pada tanah dengan total biomassa tanaman tidak menunjukkan pola yang nyata pada regresi linier ($p=0,517$) dan kuadrat ($p=0,775$) seperti pada Lampiran 68.

5.2.4. Kadar diosgenin dan total diosgenin pada rimpang.

Hasil analisis keragaman seperti pada Lampiran 69, menunjukkan terdapat perbedaan yang sangat nyata ($p=0,000$) akibat perbedaan kadar Cu^{2+} yang ditambahkan pada tanah (0 hingga 230 ppm) terhadap kadar diosgenin rimpang, akan tetapi tidak nyata ($p=0,141$) terhadap total diosgenin seperti pada Lampiran 71. Nilai rerata kadar diosgenin rimpang dan total diosgenin (produktivitas tanaman) disajikan pada Tabel 5.11.

Terlihat bahwa peningkatan Cu^{2+} pada tanah sampai pada kadar 115 ppm menaikkan kadar diosgenin rimpang tanaman *Costus speciosus*. Kadar diosgenin rimpang terendah pada penambahan Cu^{2+} 230 ppm sebesar 0,47 mg/g, yang tidak berbeda nyata dengan perlakuan Cu^{2+} 170 ppm yaitu sebesar 0,54 mg/g. Kadar diosgenin tertinggi pada perlakuan Cu^{2+} 28 ppm sebesar 0,84 mg/g yang berbeda nyata dengan semua perlakuan yang lain.

Tabel 5.11. Kadar diosgenin dan total diosgenin rimpang tanaman *Costus speciosus* setelah mengalami elisitasi Cu^{2+} selama 4 bulan

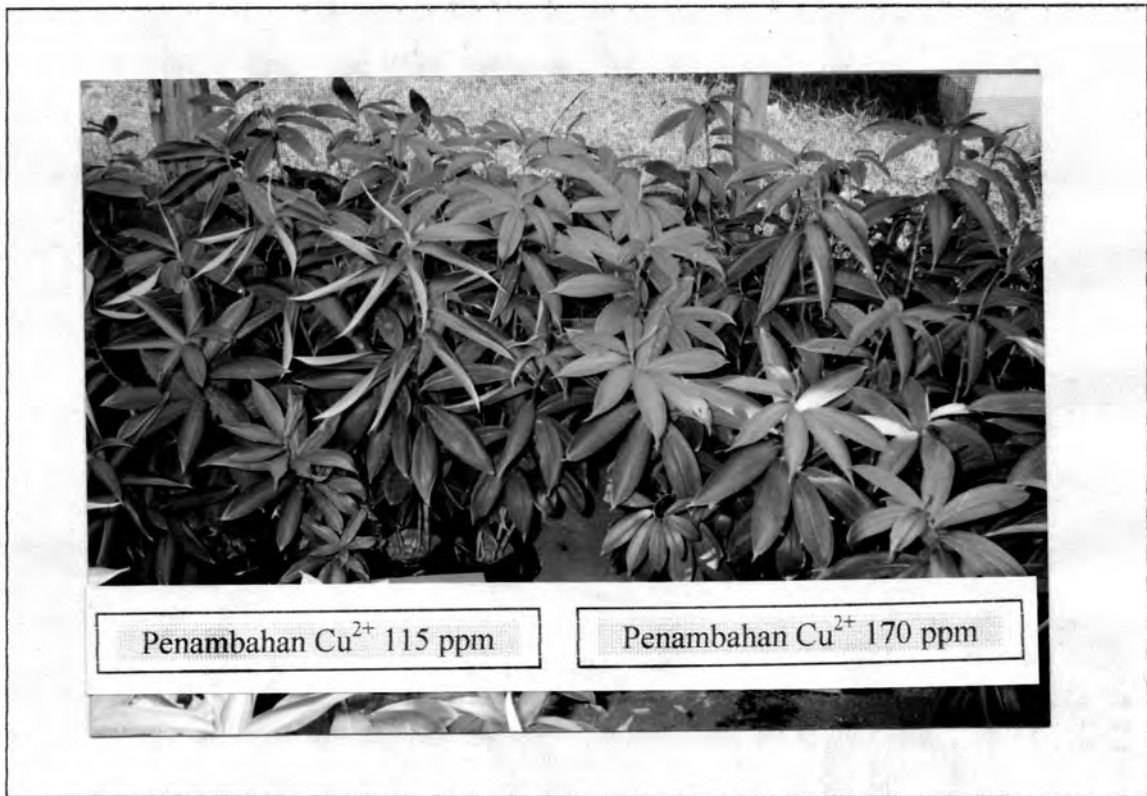
Penambahan Cu^{2+} pada tanah	Kadar Diosgenin (mg/g)	Total Diosgenin (mg/rumpun)
0 ppm	0,66 ± 0,04 c	0,57 ± 0,14
4 ppm	0,76 ± 0,04 d	0,61 ± 0,11
28 ppm	0,84 ± 0,06 e	0,69 ± 2,68
65 ppm	0,73 ± 0,08 d	0,61 ± 0,09
115 ppm	0,69 ± 0,14 cd	0,58 ± 0,19
170 ppm	0,54 ± 0,07 b	0,49 ± 0,07
230 ppm	0,47 ± 0,09 a	0,53 ± 0,16

Keterangan : Angka pada kolom sama yang didampingi oleh notasi (huruf) beda berarti berbeda nyata pada uji BNT 5 %.

Pada kontrol (tanpa penambahan Cu^{2+} pada tanah) kadar diosgenin umbi sebesar 0,66 mg/g, yang tidak berbeda nyata dengan perlakuan Cu^{2+} 4 ppm sebesar 0,76 mg/g, Cu^{2+} 65 ppm sebesar 0,73 mg/g dan pada Cu^{2+} 115 ppm kadar diosgenin rimpang justru menurun sebesar 0,69 mg/g. Pada perlakuan penambahan Cu^{2+} 115 ppm tersebut tanaman telah mengalami gejala gangguan, yaitu pada daun agak pucat dan mulai menggulung seperti pada Gambar 5.6.

Pada tingkat penambahan 0-115 ppm, hubungan positif antara penambahan Cu^{2+} tanah terhadap kadar diosgenin nyata pada regresi kuadrat ($p=0,014$ dan $R^2=0,167$), dengan persamaan regresi $Y = 0,70153 + 0,003122 X - 0,00002934 X^2$ disajikan pada Lampiran 70.

Total diosgenin tanaman tidak dipengaruhi secara nyata akibat kenaikan Cu^{2+} yang ditambahkan dalam media tanah selama elisitasi 4 bulan, total diosgenin terendah pada penambahan Cu^{2+} 170 ppm sebesar 0,49 mg/rumpun dan tertinggi pada penambahan Cu^{2+} 28 ppm yaitu sebesar 0,69 mg/ rumpun .



Gambar 5.6 Tanaman *Costus speciosus* yang mengalami gejala gangguan pada daun setelah mengalami elisitasi Cu^{2+} selama 4 bulan