

## DAFTAR PUSTAKA

- Aldrich & Cunningham. 2016. Using IBM SPSS Statistics – An Interactive Hands-On Approach. California: Sage Publications, Inc.
- Anjasmara, Surlianti, dan Alimuddin, S. 2020. Identifikasi karakter Morfologi Tanaman Langsung (*Lansium domesticum* Corr) Sebagai Buah Unggul Lokal Di Kabupaten Paliwali Mandar Provinsi Sulawesi Barat. *Jurnal AgrotekMAS*. Vol. 2(3): 26–42.
- Ardini, M., Marsela, A., Mustika, R., Subakti, R., Khairani, S., dan Suwariuewisssdi, A. B. 2020. Potensi Pengembangan Agroforestri Berbasis Tumbuhan Lokal. *Jurnal Ilmiah Pertanian*. Vol. 17 (1): 27-34.
- Asmi, N. 2021. Perakaran kakao dan Langsung Pada Sistem Agroforestri Sederhana Tidak Responsif Terhadap Pemupukan. *Skripsi*. Universitas Hasanuddin: Makassar.
- Bremmer, J. M. 2018. Nitrogen-total. In: *Methods of Soil Analysis*. Part 3: *Chemical methods*. Doi: 10.2136/sssabookser5.3.c37.
- de Oliveira Leite, J., & Valle, R. R. 1990. Nutrient Cycling In The Cacao Ecosystem: Rain And Throughfall As Nutrient Sources For The Soil And The Cacao Tree. *Agriculture, Ecosystems and Environment*.
- Dwicaksono, M. R. B., Suharto, B. Dan Susanawati, L. D. 2013. Pengaruh Penambahan Effective Microorganismes pada limbah Cair Industri Perikanan Terhadap Kualitas Pupuk cair Organik. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*. Vol. 1 (2): 7-11.
- Fageria, N. K., & Moreira, A. 2011. The Role of Mineral Nutrition on Root Growth of Crop Plants. In *Advances in Agronomy* Elsevier Inc. Vol. 110(1) Issue. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-385531-2.00004-9>
- Fajarditta, F., Sumarsono, dan Kusmiyati, F. 2012. Serapan Unsur Hara Nitrogen dan Fosfor Beberapa Tanaman Legum Pada Jenis Tanah yang Berbeda. *Animal Agriculture Journal*. Vol. 1(2): 41-50.
- Gaiotti, F., Marcuzzo, P., Belfiore, N., Lovat, L., Fornasier, F., & Tomasi, D. (2017). Influence Of Compost Addition On Soil Properties, Root Growth And Vine Performances of *Vitis vinifera* cv Cabernet sauvignon. *Scientia Horticulturae*. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.06.052>



21. Pengaruh Pemupukan Nitrogen dan Fosfor Terhadap Tumbuhan dan Produksi Lamtoro (*Leucaena leucocephala*). *Skripsi*. Universitas Hasanuddin: Makassar.

3. *Nitrogen use efficiency of crop plants: physiological constraints nitrogen absorption*. Department of Botany, University of British Columbia: Vancouver, British Columbia, Canada. Vol. 22: 453–470.

- Gusli, S. 2013. *Fertilizer formula for cocoa production in Sulawesi, a result from demoplot. Appendix*. Vol. 1: 1–12.
- Hakim, L. H., Subiantoro, R. dan Fatahillah. 2019. Respon Pertumbuhan Bibit Kakao (*Theobroma cacao* L. ) terhadap Pemberian Dosis *Slurry* pada Ultisol Hajimena. *Jurnal Agro Industri Perkebunan*. Vol. 7(2): 69-76 DOI:
- Hermans, C., Hammond, J. P., White, P. J., & Verbruggen, N. 2006. How do plants respond to nutrient shortage by biomass allocation? In *Trends in Plant Science*. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2006.10.007>
- Hernita, D., Poerwanto, R., Susila, A. D., dan Anwar, S. 2012. Penetapan Rekomendasi Pemupukan N, P, K Tanaman Duku Berdasarkan Analisis Daun. *J. Hort*. Vol. 22(4): 376-384.
- Indra. 2018. Survei Morfologi Daun Dan Buah Serta Produksi Kakao (*Theobroma cacao* L) Klon M04 Thr, Dan S2 Di Desa Tarengge Kecamatan Wotu Kabupaten Luwu Timur. Skripsi. Politeknik Pertanian Negeri Pangkep.
- Lea, P. J. and Azevedo, R. A. 2006. 'Nitrogen use efficiency. 1. Uptake of nitrogen from the soil', *Annals of Applied Biology*. Vol.149(3): 243–247. doi: 10.1111/j.1744-7348.2006.00101.x.
- LeBauer, D. S. and Treseder, K. K. 2008 'Nitrogen limitation of net primary productivity in terrestrial ecosystems is globally distributed'. *Ecology*. Vol. 89(2): 371–379. doi: 10.1890/06-2057.1.
- Liao, M., Fillery, I. R. P. and Palta, J. A. (2004) 'Early vigorous growth is a major factor influencing nitrogen uptake in wheat'. *Functional Plant Biology*. Vol. 31(2): 121–129. doi: 10.1071/FP03060.
- Mataputung, S. M., Nurawan, W., dan Maria, Y. M. A. S. 2019. Inventarisasi Pola Agroforestri di Desa Tonsea Lama Kecamatan Tondano Utara kabupaten Minahasa. *Eugenia*. Vol. 25 (2): 46-53.
- Nadelhoffer, K. J. 2000. The potential effects of nitrogen deposition on fine-root production in forest ecosystems. In *New Phytologist*. <https://doi.org/10.1046/j.1469-8137.2000.00677.x>
- Pagès, L., Pointurier, O., Moreau, D., Voisin, A. S., & Colbach, N. 2020. Metamodelling a 3D architectural root-system model to provide a simple model based on key processes and species functional groups. *Plant and Soil*.
- Purba, T., Ningsih, H., Junaedi, P., et al. 2021. Tanah Dan Nutrisi Tanaman. Yayasan Kita Menulis: Medan.



. Analisis Kesesuaian Antara Penerapan Teknologi Pemupukan  
mangkasan dengan Produktivitas kakao di Kabupaten Soppeng.  
Universitas Hasanuddin: Makassar.

gan karbon dan keterkaitannya dengan beberapa sifat tanah pada  
kakao pola agroforestri sederhana. *Skripsi*. Universitas Hasanuddin:  
ar.

- Saraswati, R. 2010. *Teknologi Pupuk Hayati untuk Efisiensi Pemupukan dan Keberlanjutan Sistem produksi Pertanian*. Badan Penelitian Tanah : Bogor.
- Schneider, C. A., Rasband, W. S., & Eliceiri, K. W. 2012. NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. *In Nature Methods*.
- Song, X., Wan, F., Chang, X., Zhang, J., Sun, M., & Liu, Y. (2019). Effects of nutrient deficiency on root morphology and nutrient allocation in *Pistacia chinensis* Bunge seedlings. *Forests*. Vol. 10(11). <https://doi.org/10.3390/f10111035>
- Suharno, Mawardi, I., Setiabudi, Lunga, N., dan Tjitrosemito, S. 2007. Efisiensi Penggunaan Nitrogen Pada Tipe Vegetasi yang Berbeda di Stasiun Penelitian Cikaniki, Taman Nasional Gunung Halimun Salak, Jawa Barat. *Biodiversitas*. Vol. 8(4): 287-294.
- Sumilia, Akhir, N., dan Syarif, Z. 2019. Produktivitas Kakao Dan Keanekaragaman Tanaman Dalam Berbagai Sistem Agroforestri Berbasis Kakao Di Kabupaten Pasaman Sumatera Barat. *Jurnal Agroforestri Indonesia*. Vol. 2 (2): 51-62.
- Supriyadi dan Kadarwati, F.T. 2011. *Efektivitas Nitrogen Pada Kapas (Gossypium hirsutum L.)*. Balai Penelitian Tanaman pemanis dan Serar: Malang.
- Susilawati, Kurnianingsih, A. Dan Sardianto. 2016. Karakteristik Morfologi, Anatomi Dan Fisiologi Aksesi Tanaman Duku (*Lansium domesticum corr.*) Di Kabupaten Muara Enim. Prosiding : Semirata Bks-Ptn Wilayah Barat. Vol. 1: 282-289.
- Tennant, D. 1975. A Test of a Modified Line Intersect Method of Estimating Root Length. *The Journal of Ecology*. <https://doi.org/10.2307/2258617>
- Thamrin, M. et al. (2016). Hubungan Konsentrasi Hara Nitrogen, Fosfor, dan Kalium Daun Dengan Produksi Buah Sebelumnya Pada Tanaman Jeruk Pamelo. *Jurnal Hortikultura*. Vol. 23(3): 225. doi: 10.21082/jhort.v23n3.2013.p225-234.
- Thesya, G. P. 2021. Pertumbuhan Akar Kakao Dan Serapan Nitrogen Pada Sistem Monokultur: Respon Terhadap Pemupukan. *Skripsi*. Universitas Hasanuddin: Makassar.
- Wang, B. J., Zhang, W., Ahanbieke, P., Gan, Y. W., Xu, W. L., Li, L. H., Christie, P., & Li, L. 2014. Interspecific interactions alter root length density, root diameter and specific root length in jujube/wheat agroforestri systems. *Agroforestri Systems*. Vol. 88(5): 835–850. <https://doi.org/10.1007/s10457-014-9729-y>.



5. Studi Penyakit-Penyakit Yang Menyerang Akar, Batang, Daun, dan Buah Pada Tanaman Duku Komerling (*Lansium domesticum corr.*). Universitas Brawijaya: Malang.

6. Karakter Morfologi Perakaran Beberapa Semaian Klon Kakao Asal Kalimantan Tengah. Pusat Penelitian Kopi Dan Kakao Indonesia.

## LAMPIRAN

**Lampiran 1.** Data panjang akar kakao dan langsung setelah setahun

Tanaman	Aplikasi pupuk	Panjang akar (cm)			
		UI-1	UI-2	UI-3	Mean
<b>Kakao</b>	0	441,77	1855,03	765,33	1020,71
	354 g Urea	1750,70	530,62	2175,02	1485,45
	500 g Phonska	1622,38	365,05	446,87	811,43
	500 g Ph + 190 g U	671,50	988,24	899,56	853,10
<b>Langsat</b>	0	3796,23	948,75	1877,72	2207,57
	354 g Urea	1368,43	1684,11	1096,71	1383,08
	500 g Phonska	1699,33	2618,61	2148,95	2155,63
	500 g Ph + 190 g U	1001,01	1349,46	2565,20	1638,56

**Lampiran 2.** Data kerapatan panjang akar kakao dan langsung

Tanaman	Aplikasi pupuk	Kerapatan pjg akar (cm/cm <sup>3</sup> )				
		UI-1	UI-2	UI-3	Mean	SE
<b>Kakao</b>	0	0,03	0,13	0,05	0,07	0,03
	354 g Urea	0,12	0,04	0,15	0,11	0,04
	500 g Phonska	0,11	0,03	0,03	0,06	0,03
	500 g Ph + 190 g U	0,05	0,07	0,06	0,06	0,01
<b>Langsat</b>	0	0,27	0,07	0,13	0,16	0,06
	354 g Urea	0,10	0,12	0,08	0,10	0,03
	500 g Phonska	0,12	0,19	0,15	0,15	0,02
	500 g Ph + 190 g U	0,07	0,10	0,18	0,12	0,03

**Lampiran 3.** Analisis sidik ragam kerapatan panjang akar tanaman kakao pada sistem agroforestri sederhana kakao-langsar

Sumber Keragaman(SK)	Derajat Bebas (db)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F-hitung	F-tabel		
					0,05	0,01	
Kelompok	2	0,0004	0,0002	0,0638	tn	5,1433	10,9248
Replikasi	3	0,0043	0,0014	0,4871	tn	4,7571	9,7795
	6	0,0176	0,0029				
	11	0,0223					
				73%			



**Lampiran 4.** Analisis sidik ragam kerapatan panjang akar tanaman langsung pada sistem agroforestri sederhana kakao-langsar

Sumber Keragaman(SK)	Derajat Bebas (db)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F-hitung	F-tabel		
					0,05	0,01	
Kelompok	2	0,0024	0,0012	0,2489	tn	5,1433	10,9248
Perlakuan	3	0,0124	0,0041	0,8751	tn	4,7571	9,7795
Galat	6	0,0284	0,0047				
Total	11	0,0432					
Koefisien Keragaman				53%			

**Lampiran 5.** Data panjang akar spesifik kakao langsung dengan volume tanah 14.130 cm<sup>3</sup>.

Tanaman	Aplikasi pupuk	Panjang akar spesifik (cm/g)				
		UI-1	UI-2	UI-3	Mean (m/g)	SE
<b>Kakao</b>	0	850,90	1244,07	966,21	10,20	292,80
	354 g Urea	688,15	1950,23	590,37	10,76	439,83
	500 g Phonska	461,20	585,83	727,15	5,91	90,29
	500 g Ph + 190 g U	299,95	613,92	668,44	5,27	114,86
<b>Langsat</b>	0	653,95	419,13	193,01	4,22	159,66
	354 g Urea	357,44	755,54	275,78	4,63	156,69
	500 g Phonska	213,38	414,79	178,40	2,69	94,17
	500 g Ph + 190 g U	528,56	280,57	164,36	3,24	109,29

**Lampiran 6.** Analisis sidik ragam panjang spesifik akar tanaman kakao pada sistem agroforestri sederhana kakao-langsar

Sumber Keragaman(SK)	Derajat Bebas (db)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F-hitung	F-tabel		
					0,05	0,01	
Kelompok	2	341908,6378	170954,3189	9,93	**	5,14	10,92
Perlakuan	3	373878,8175	124626,2725	7,24	**	4,76	9,78
Galat	6	103344,4664	17224,07774				
	11	819131,9217					
				17%			



**Lampiran 7.** Analisis uji lanjut BNJ taraf  $\alpha=0,05$  pada analisis sidik ragam panjang spesifik akar tanaman kakao pada sistem agroforestri sederhana kakao-langsar

Perlakuan	Nitrogen (g)	Rata-Rata	Notasi
Tanpa Pupuk	0	1020,3937	A
354 g Urea	165.2	796,5573	B
500 g Phonska	75.00	720,5664	Bc
500 g Phonska + 190 g Urea	163.67	527,4368	C

**Lampiran 8.** Analisis sidik ragam panjang spesifik akar tanaman langsung pada sistem agroforestri sederhana kakao-langsar

Sumber Keragaman(SK)	Derajat Bebas (db)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F-hitung	F-tabel		
					0,05	0,01	
Kelompok	2	114158,9807	57079,4903	6,67	**	5,14	10,92
Perlakuan	3	41615,6185	13871,8728	1,62	tn	4,76	9,78
Galat	6	51343,4380	8557,23966				
Total	11	207118,0371					
Koefisien Keragaman				28%			

**Lampiran 9.** Data kandungan nitrogen tanah tanaman kakao-langsar

Aplikasi pupuk	Kandungan nitrogen tanah			
	UI-1	UI-2	UI-3	Mean
0	0,15	0,18	0,32	0,22
354 g Urea	0,21	0,27	0,29	0,26
500 g Phonska	0,20	0,30	0,30	0,26
500 g Ph + 190 g U	0,26	0,40	0,55	0,40

**Lampiran 10.** Analisis sidik ragam nitrogen tanah kakao-langsar

SK	Db	JK	KT	Fhit	F-tabel		
					0,05	0,01	
Ulangan	2	0,0505	0,0253	8,84	**	5,14	10,92
Perlakuan	3	0,0567	0,0189	6,62	**	4,76	9,78
		0,0171	0,00286				
		0,1243					
				19%			
		: 0,018					
		: 4,896					
		: 0,087					



**Lampiran 11.** Data serapan nitrogen tanah tanaman kakao-langsak

Tanaman	Aplikasi pupuk	SERAPAN HARA			
		UI-1	UI-2	UI-3	Mean
Kakao	0	8,27	9,02	4,06	7,12
	500 g Phonska	8,93	11,02	7,71	9,22
	354 g Urea	14,26	8,61	3,95	8,94
	500 g Ph + 190 g U	18,07	2,30	3,32	7,90
Langsat	0	10,08	8,45	5,31	7,95
	500 g Phonska	5,34	15,20	7,19	9,24
	354 g Urea	6,43	3,43	15,20	8,35
	500 g Ph + 190 g U	10,80	9,17	17,53	12,50

**Lampiran 12.** Analisis sidik ragam serapan hara jaringan daun kakao pada sistem tanam agroforestri sederhana kakao-langsak

Sumber Keragaman(SK)	Derajat Bebas (db)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F-hitung		F-tabel	
						0,05	0,01
Kelompok	2	169,0278	84,5139	2,25	tn	5,14	10,92
Perlakuan	3	24,1570	8,0523	0,21	tn	4,76	9,78
Galat	6	225,8283	37,63805				
Total	11	419,0132					
Koefisien Keragaman				73%			

**Lampiran 13.** Analisis sidik ragam serapan hara jaringan daun langsat pada sistem tanam agroforestri sederhana kakao-langsak

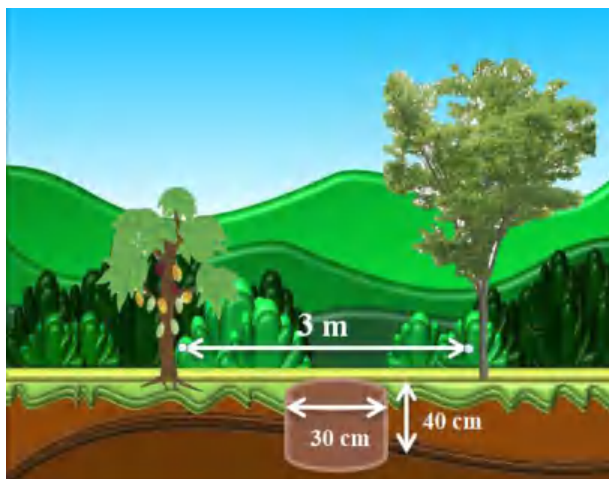
Sumber Keragaman(SK)	Derajat Bebas (db)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F-hitung		F-tabel	
						0,05	0,01
Kelompok	2	71,4649	35,7324	0,49	tn	5,14	10,92
Perlakuan	3	48,1283	16,0428	0,22	tn	4,76	9,78
Galat	6	438,1042	73,01736				
Total	11	557,6974					
Koefisien Keragaman				65%			



**Lampiran 14.** Perhitungan kadar nitrogen pada dosis pupuk 345 g Urea, 500 g Phonska dan 500 g Phonska + 190 g Urea

354 g Urea	500 g Phonska	500 g Phonska + 190 g Urea
Nitrogen = 46% $= 46/100 \times 354 \text{ g}$ $= 162,8$	Nitrogen = 15% $= 15 / 100 \times 500 \text{ g}$ $= 75$	500 g Phonska = 75  Nitrogen urea = 46% $= 46/100 \times 190 \text{ g}$ $= 87,4$  500 g Phonska + 190 g Urea $= 75 + 87,4$ $= 162,4$

**Lampiran 15.** Ilustrasi posisi peletakan keranjang (in-growth hole) diantara tanaman kakao (kiri) dan langsung (kanan)



**Lampiran . 16.** Kenampakan distribusi akar di dalam in-growth media



Kenampakan sampel akar yang digunakan



Kenampakan sampel akar yang digunakan





Lampiran 17. Sampel daun kakao (K) dan langsung (L)



L K  
U-1



L K  
U-2  
Kontrol



L K  
U-3



L K  
U-1



L K  
U-2  
354 g Urea



L K  
U-3



L K  
U-1



L K  
U-2  
500 g Phonska



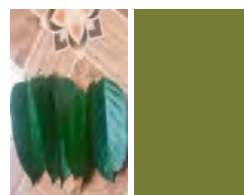
L K  
U-3



L K  
U-1



L K  
U-2



L K  
U-3

500 g Phonska + 190 g Urea

