

V. HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Karakteristik Lahan Agroforestri

5.1.1 Keragaman Petak Pengukuran Cadangan Karbon

Keragaman suatu lahan dapat dilihat dari jenis, umur dan kerapatan populasi pohon. Penghitungan kerapatan populasi pohon berfungsi untuk memberikan gambaran kuantitatif dari sistem penggunaan lahan yang dipilih di awal pemilihan lahan (survei) dan untuk menentukan petak perwakilan pengukuran cadangan karbon. Selanjutnya dilakukan penghitungan nilai basal area (BA) pada sistem penggunaan lahan Agroforestri Multistrata (durian, kopi, mahoni dan sengon) dan Agroforestri Sederhana (jati, kopi, mahoni dan sengon). Penghitungan ini dilakukan untuk membedakan sistem penggunaan lahan termasuk dalam sistem agroforestri atau monokultur. Rasio basal area (BA) dihitung dengan membandingkan tanaman pokok dan total tanaman keseluruhan. Menurut Hairiah *et al.*, (2006), apabila suatu lahan mempunyai rasio basal area dari satu jenis pohon > 80% berarti penggunaan lahan tersebut di kategorikan sebagai sistem monokultur. Keragaman pohon pada berbagai SPL disajikan dalam Tabel 8.

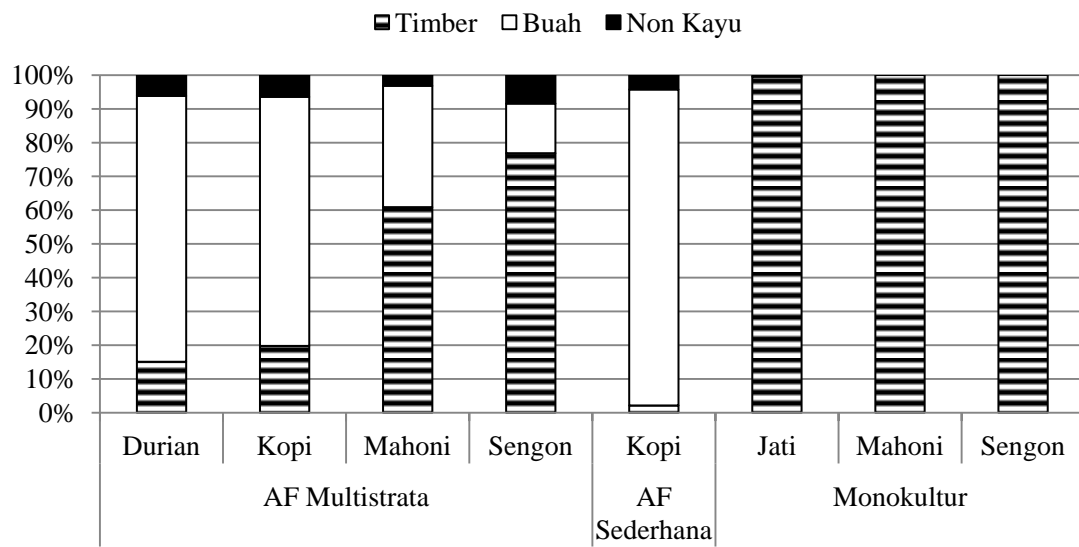
Tabel 8. Jumlah Spesies, Kerapatan dan Basal Area (BA)

Penggunaan Lahan	Kerapatan Pohon/ha	Jumlah Spesies	Basal Area (BA)			BAP/BAS %
			Total (BAT)	Tan. Pokok (BAP)	Tan. Selingan (BAS)	
			m ² ha ⁻¹	m ² ha ⁻¹	m ² ha ⁻¹	
Agroforestri Multistrata Durian	913	17	14.23	7.25	6.98	51.48
Agroforestri Multistrata Kopi	1331	15	12.48	4.69	7.79	38.91
Agroforestri Multistrata Mahoni	1181	14	17.41	9.70	7.71	51.11
Agroforestri Multistrata Sengon	1106	13	23.90	16.77	7.13	70.58
Agroforestri Sederhana Kopi	1169	9	7.45	4.22	3.23	55.86
Monokultur Jati	1231	2	17.01	16.84	0.17	98.97
Monokultur Mahoni	1056	2	21.98	21.97	0.01	99.96
Monokultur Sengon	1219	1	20.98	20.98	0	100

Berdasarkan hasil pengukuran di lapangan, jenis spesies yang ditemukan di sistem agroforestri lebih beranekaragam dibandingkan dengan di sistem Agroforestri Sederhana dan monokultur yang hanya terdapat satu jenis pohon. Nilai basal area (BA) pada Agroforestri Multistrata berkisar antara 12 - 14 m² ha⁻¹. Sedangkan pada monokultur memiliki nilai basal area (BA) antara 17 – 21 m² ha⁻¹. Agroforestri Multistrata kopi memiliki nilai kerapatan pohon teringgi yaitu 1331 pohon/ha. Sedangkan kerapatan pohon pada Agroforestri Multistrata durian merupakan yang paling rendah dengan 913 pohon/ha. Kerapatan pohon pada jati monokultur adalah 1231 pohon/ha, mahoni monokultur adalah 1056 pohon/ha dan sengon monokultur adalah 1219 pohon/ha.

5.1.2 Komposisi Pohon Penyusun

Komposisi pohon penyusun pada sistem agroforestri lebih beragam dibandingkan dengan sistem yang lebih sederhana. Komposisi pohon penyusun Agroforestri Multistrata durian adalah 15% terdiri dari tanaman penghasil timber, 79% tanaman buah dan 6% non kayu (Gambar 16). Sedangkan pada agroforestri kopi menunjukkan komposisi yang hampir sama yakni 20% penghasil timber, 74% penghasil buah-buahan, dan 6% jenis non-kayu seperti pisang (*Musa spp*) dan pepaya (*Carica papaya*). Agroforestri Multistrata mahoni didominasi oleh timber sekitar 61%, tanaman buah 36% dan non kayu 3%. Komposisi pohon penyusun pada Agroforestri Sederhana kopi didominasi oleh tanaman buah yakni sekitar 94%, tanaman kayu 2% dan tanaman non kayu 4%. Hal ini disebabkan karna petani lebih suka mengkombinasikan tanaman kopi dengan pohon durian dan lamtoro, sedikit petani yang memilih menanam tanaman kayu untuk dikombinasikan dengan kopi. Hal ini berbeda dengan tanaman monokultur memiliki diversitas yang rendah karena memiliki jenis pohon yang homogen yaitu berkisar antara 99 - 100% timber, 1 % penghasil buah-buahan, dan tidak ada tanaman non kayu.



Gambar 16. Persentase Pohon Penyusun pada Berbagai SPL

5.1.3 Berat Jenis Kayu

Berat jenis (BJ) kayu menunjukkan kecepatan pertumbuhan pohon. Pohon yang memiliki tingkat pertumbuhan cepat biasanya mempunyai nilai berat jenis (BJ) kayu yang rendah sehingga kualitasnya kurang bagus. Semakin berat kayu, biasanya pohon tersebut memiliki pertumbuhan yang lebih lambat (Hairiah *et al.*, 2007). Data berat jenis kayu pada berbagai jenis pohon yang terdapat di hutan rakyat diperoleh dari database berat jenis kayu ICRAF (2007). Sebaran berat jenis kayu disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Berat Jenis Kayu Pada Berbagai SPL di DAS Konto Hilir

Penggunaan Lahan	Kayu ringan	Kayu sedang	Kayu berat	Kisaran Berat Jenis Kayu g cm ⁻³
	-----% per SPL-----			
Agroforestri Multistrata Durian	11	89	0	0.03 - 0.75
Agroforestri Multistrata Kopi	8.9	90.1	0.9	0.03 - 0.86
Agroforestri Multistrata Mahoni	7.4	92.6	0	0.03 - 0.75
Agroforestri Multistrata Sengon	13	85.9	1.1	0.03 - 0.86
Agroforestri Sederhana Kopi	4.3	95.2	0.5	0.29 - 0.75
Monokultur Jati	0	100	0	0.64 - 0.75
Monokultur Mahoni	0	100	0	0.64 - 0.74
Monokultur Sengon	0	100	0	0.03 - 0.64

Berdasarkan hasil temuan, kayu sedang paling banyak dijumpai hampir di setiap penggunaan lahan (85 – 100 %). Selain itu kayu ringan hanya dijumpai pada sistem penggunaan lahan Agroforestri Multistrata maupun Agroforestri Sederhana (4 – 13 %). Sedangkan pada penggunaan lahan monokultur didominasi oleh pohon-pohon berkayu sedang dan tidak ditemui pepohonan berkayu ringan maupun berat. Berat jenis kayu tertinggi di penggunaan lahan Agroforestri Multistrata kopi dan sengon terdapat pada pohon jengkol (*Archidendron pauciflorum*) yaitu sebesar 0,86 g cm⁻³.

5.2 Total Cadangan Karbon

5.2.1 Berat Kering Tanaman

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa sistem penggunaan lahan tidak berpengaruh nyata ($p < 0.05$) terhadap biomasa pohon, nekromasa, tumbuhan bawah (*understorey*), seresah, dan akar. Hasil pengukuran dan estimasi biomasa pohon dan tumbuhan bawah dalam sistem agroforestri disajikan dalam Tabel 10.

Tabel 10. Berat kering (BK) tanaman pada berbagai macam sistem agroforestri

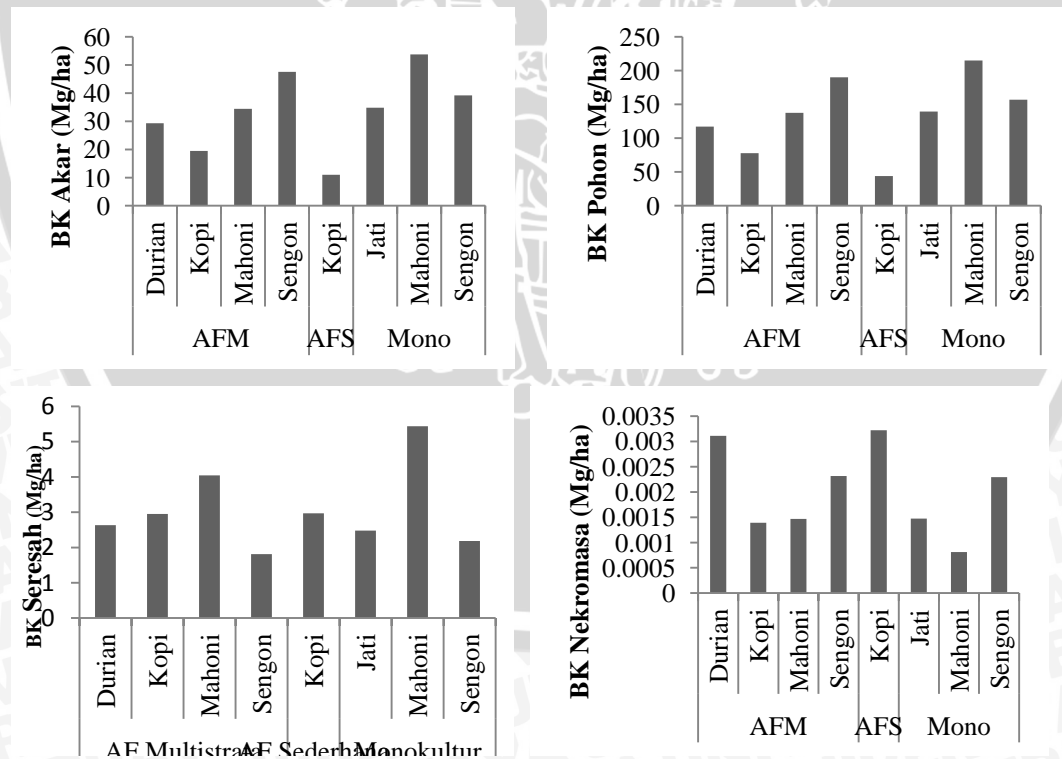
SPL	Dominasi	Biomasa Pohon	Understorey	Nekromasa	Seresah	Akar*	Berat Kering Tanaman
AF Multistrata	Durian	117.21	1.13	0.003	2.63	29.30	150.28
	Kopi	77.79	0.32	0.001	2.95	19.45	100.50
	Mahoni	137.63	0.68	0.001	4.04	34.41	176.77
	Sengon	190.20	0.97	0.002	1.81	47.55	240.53
AF Sederhana	Kopi	44.00	0.73	0.003	2.97	11.00	58.70
Monokultur	Jati	139.37	0.73	0.001	2.48	34.84	177.43
	Mahoni	215.10	0.26	0.001	5.44	53.77	274.57
	Sengon	156.88	0.50	0.002	2.18	39.22	198.78

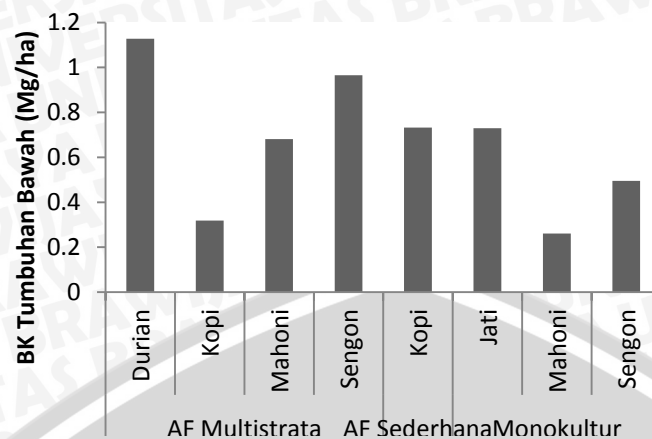
Keterangan : * Diperoleh dengan menggunakan nilai terpasang (*default value*) nisbah tajuk : akar yaitu 4 : 1 (Hairiah *et al.*, 2007).

Biomasa (Berat kering) tanaman yang diukur terdiri dari biomasa tajuk dan akar pohon dan tumbuhan bawah. Biomasa pada sistem Monokultur memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan agroforestri. Karena pada sistem monokultur memiliki komposisi pohon yang lebih bervariasi, kerapatan populasinya lebih tinggi dan pohon yang ditanam termasuk dalam kategori kelas

kayu berat. Biomasa tumbuhan bawah sangat bervariasi dalam sistem agroforestri yang terdapat pada Monokultur Mahoni. Hal ini dapat disebabkan jarak tanaman pada monokultur mahoni memiliki kerapatan yang tinggi sehingga intensitas cahaya matahari yang masuk lebih sedikit karena tertutup oleh adanya kanopi yang rapat.

Nekromasa berkayu (kayu mati atau pohon roboh) masih ditemukan dalam plot pengukuran meskipun nilainya sangat kecil, karena sebagian besar kayu mati di lahan dimanfaatkan oleh petani untuk kayu bakar. Berat kering (BK) seresah pada sistem agroforestri berkisar antara 1-5 Mg ha⁻¹, dimana pada nilai BK seresah pada penggunaan lahan Agroforestri Multistrata lebih tinggi bila dibandingkan dengan sistem Agroforestri Sederhana. Hal ini disebabkan oleh kerapatan populasi pohon yang lebih tinggi sehingga menghasilkan masukan seresah yang lebih besar pula. Sedangkan berat kering akar diestimasi dengan menggunakan nilai terpasang (*default value*) nisbah tajuk : akar (4 : 1) untuk pohon di lahan kering (Hairiah *et al.*, 2011). Berat kering akar pohon disajikan sebagai berikut:





Gambar 17. Berat kering komponen penyusun lahan (AFM= Agroforestri Multistrata; AFS = Agroforestri Sederhana; M= monokultur).

5.2.2 Cadangan Karbon Tanaman

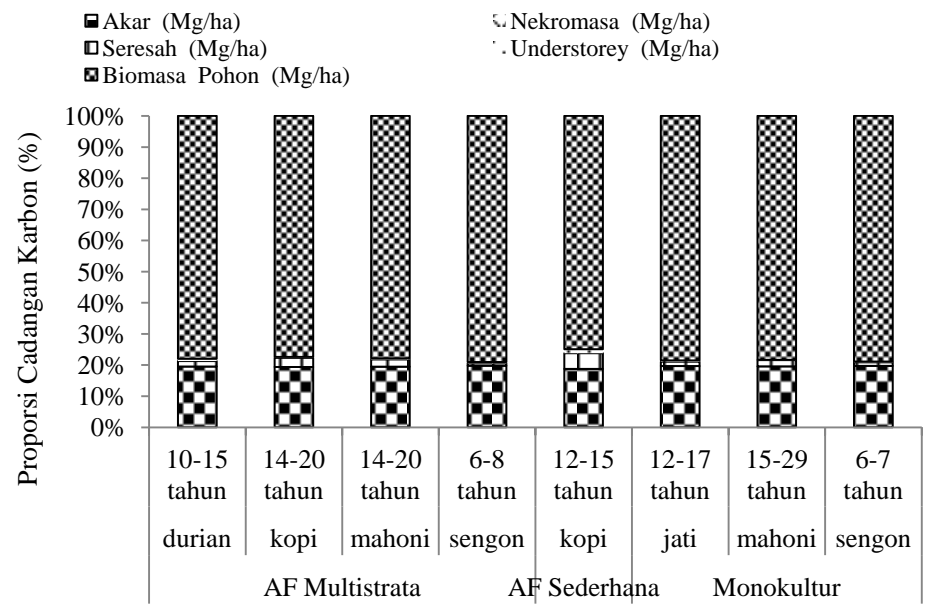
Cadangan karbon tersimpan per komponen diestimasi dengan mengkalikan berat kering dengan konsentrasi C dalam bahan organik (46%). Cadangan karbon diatas permukaan tanah terdiri dari biomassa pohon, nekromasa, tumbuhan bawah, seresah, dan akar yang disajikan pada Tabel 11. Kontribusi akar cukup besar bila dibandingkan dengan nekromassa, tumbuhan bawah dan seresah, biomassa akar diperoleh dengan menggunakan nilai terpasang nisbah tajuk : akar yaitu 4 : 1 (Hairiah *et al.*, 2007). Cadangan karbon yang tersimpan dalam biomasa pohon tertinggi terdapat pada penggunaan lahan monokultur mahoni yaitu 126 Mg ha⁻¹ Sedangkan cadangan karbon pohon pada Agroforestri Multistrata (durian, kopi, mahoni dan sengon) berkisar antara 46 – 111 Mg ha⁻¹. Dan nilai cadangan karbon pohon terendah terdapat pada penggunaan lahan Agroforestri Sederhana kopi yaitu sebesar 27 Mg ha⁻¹

Tabel 11. Cadangan Karbon Tanaman

SPL	Dominasi	Umur	Biomasa Pohon	Tumbuhan Bawah	Nekromasa	Seresah	Akar *	Total
			------(Mg/ha)-----					
AF Multistrata	Durian	10-15	53.92	0.52	0.00	1.21	13.48	69.12
	Kopi	14-20	35.78	0.15	0.00	1.36	8.95	46.24
	Mahoni	14-20	63.31	0.31	0.00	1.86	15.83	81.31
	Sengon	6-8	87.49	0.45	0.00	0.83	21.87	110.64
AF Sederhana Monokultur	Kopi	12-15	20.24	0.34	0.00	1.37	5.06	27.00
	Jati	12-17	64.11	0.34	0.00	1.14	16.03	81.61
	Mahoni	15-29	98.95	0.12	0.00	2.50	24.73	126.30
	Sengon	6-7	72.16	0.23	0.00	1.00	18.04	91.44

Keterangan : * Diperoleh dengan menggunakan nilai terpasang (*default value*) nisbah tajuk : akar yaitu 4 : 1 (Hairiah *et al.*, 2007).

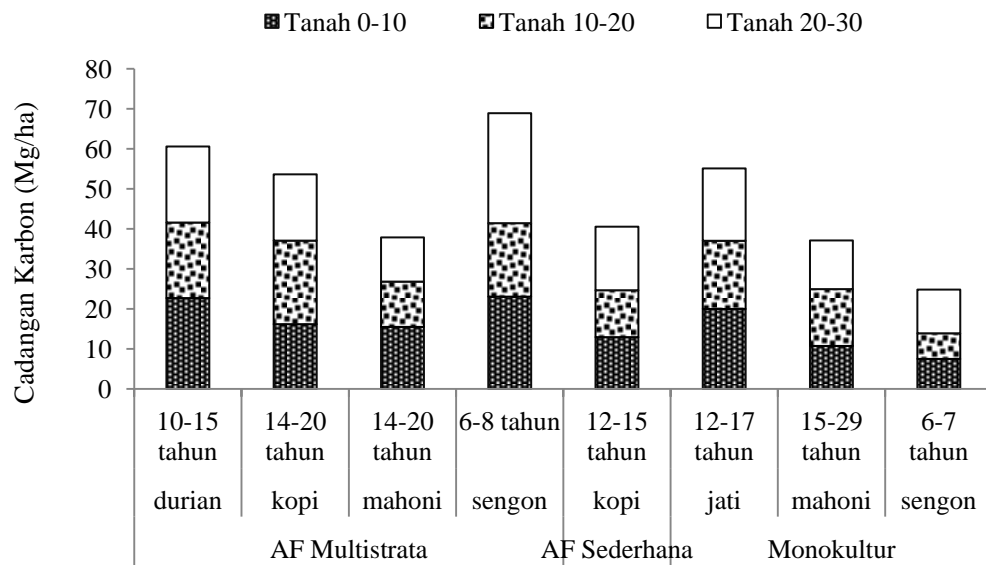
Pada gambar 18. perbedaan nilai cadangan karbon dipengaruhi oleh biomassa tiap jenis pohon. Biomassa pohon dipengaruhi oleh jumlah pohon, ukuran diameter, dan BJ kayunya. Biomassa pohon memberikan kontribusi yang cukup besar yakni sekitar 80% terhadap total cadangan karbon tanaman. Total kontribusi seresah, nekromassa, tumbuhan bawah dan akar adalah sekitar 20% dari total karbon tanaman. Nekromasa (kayu mati) tidak memberikan kontribusi yang signifikan dan hanya mampu berkontribusi rata-rata sekitar < 0,05%. Hal ini disebabkan nekromasa yang ditemukan sangat sedikit karena dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai kayu bakar. Tumbuhan bawah dan seresah berkontribusi C rata-rata sekitar 0,06% dan 0,5%. Sedangkan akar berkontribusi sekitar 19%, kontribusi akar cukup besar bila dibandingkan dengan nekromasa, tumbuhan bawah (*understorey*) dan seresah, karena biomassa akar diperoleh dengan menggunakan nilai terpasang (*default value*) nisbah tajuk : akar yaitu 4 : 1 (Hairiah *et al.*, 2007).



Gambar 18. Persentase komponen penyusun cadangan karbon tanaman pada berbagai sistem penggunaan lahan.

5.2.3 Cadangan Karbon Tanah

Pada gambar 19 cadangan karbon tanah dihitung pada 3 kedalaman yaitu pada kedalaman 0-10 cm, 10-20 cm dan 20-30 cm. Cadangan karbon tanah paling tinggi terdapat pada Agroforestri Multistrata sengon pada kedalaman 20-30 cm yaitu sebesar 27 Mg ha^{-1} , sedangkan total cadangan karbon tanah terendah terdapat pada lahan sengon monokultur pada kedalaman 10-20 cm sebesar 6 Mg ha^{-1} . Pada Agroforestri Multistrata pada kedalaman 0-10 cm berkisar antara $16-23 \text{ Mg ha}^{-1}$, kedalaman 10-20 cm berkisar $11-21 \text{ Mg ha}^{-1}$ dan kedalaman 20-30 cm $11-28 \text{ Mg ha}^{-1}$. Sedangkan pada sistem monokultur sengon memiliki nilai cadangan C yang lebih kecil dibanding monokultur jati maupun mahoni. Adanya perbedaan jenis masukan seresah dan manajemen pengelolaan lahan berpengaruh terhadap besarnya nilai C dalam tanah. Karena akumulasi seresah mampu memberikan masukan bahan organik, selanjutnya akan dirombak oleh organisme tanah menjadi bahan organik tanah sehingga mampu menambah cadangan karbon didalam tanah. Besarnya nilai cadangan karbon dalam tanah disajikan sebagai berikut.

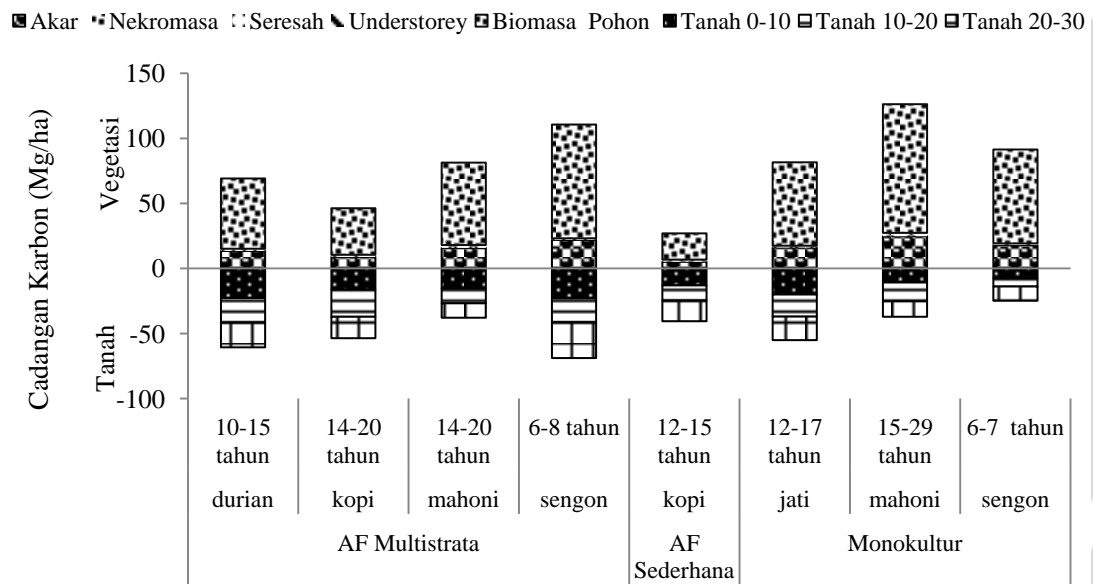


Gambar 19. Cadangan Karbon pada Berbagai Kedalaman Tanah di DAS Konto Hilir

5.2.4 Total Cadangan Karbon

Pada gambar 20 cadangan karbon rata-rata tertinggi terdapat pada Agroforestri Multistrata Sengon umur 6-7 tahun ($179,6 \text{ Mg ha}^{-1}$), sedangkan cadangan karbon terendah terdapat pada Agroforestri Sederhana kopi ($67,5 \text{ Mg ha}^{-1}$) pada kisaran umur 12-15 tahun. Hal ini disebabkan karena pada pada Agroforestri Multistrata Sengon (umur 6-7 tahun) memiliki masukan seresah daun yang tinggi sehingga penambahan bahan organik tanah juga tinggi dan nilai cadangan carbon dalam tanah yang tinggi. Selain itu, penggunaan lahan Agroforestri Multistrata sengon memiliki kerapatan pohon yang tinggi, sehingga nilai karbon di atas permukaan juga besar. Cadangan karbon pada sistem penggunaan lahan dipengaruhi oleh jenis vegetasinya. Suatu sistem penggunaan lahan yang terdiri dari pohon dengan spesies yang memiliki nilai kerapatan kayu tinggi, maka biomasanya akan lebih tinggi bila dibandingkan dengan lahan yang mempunyai spesies dengan nilai kerapatan kayu rendah (Rahayu *et al.*, 2007). Nilai cadangan karbon menyatakan banyaknya karbon yang mampu diserap oleh tumbuhan dalam bentuk biomassa. Agroforestri Sederhana kopi pada DAS Konto

Hilir memiliki nilai cadangan C yang lebih rendah bila dibandingkan dengan kondisi pada DAS Konto Hulu. Agroforestri Kopi di DAS Konto Hilir memberikan nilai cadangan karbon sebesar 27 Mg ha^{-1} . Pada DAS Konto Hulu agroforestri kopi sederhana dengan penangh hanya *Giricidia* saja memberikan layanan ekosistem berupa cadangan karbon masing-masing sekitar 30 Mg ha^{-1} yang lebih rendah bila dibandingkan dengan agroforestri kopi dengan beraneka ragam penangh yaitu sekitar 60 Mg ha^{-1} , sedang rata-rata cadangan karbon agroforestri kopi di seluruh Indonesia sekitar 40 Mg ha^{-1} (Hairiah dan Rahayu, 2010). Hal ini disebabkan oleh adanya perbedaan jenis pohon, komponen penyusun, umur dan kerapatan populasi pohon pada lahan, serta kesuburan tanah melalui peran bahan organik tanah (BOT).



Gambar 20. Total cadangan karbon pada berbagai penggunaan lahan

5.3 Pembahasan Umum

Total cadangan karbon ditentukan oleh besarnya nilai cadangan karbon diatas permukaan tanah (biomasa, nekromassa, tumbuhan bawah, seresah, dan akar) dan di dalam tanah (Hairiah *et al.*, 2006). Dari hasil penelitian, total cadangan karbon pada agroforestri (multistrata dan sederhana) kopi berkisar antara $67\text{-}119 \text{ Mg ha}^{-1}$. Hasil ini memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan penelitian Kurniawan *et al.* (2010) dimana cadangan karbon agroforestri

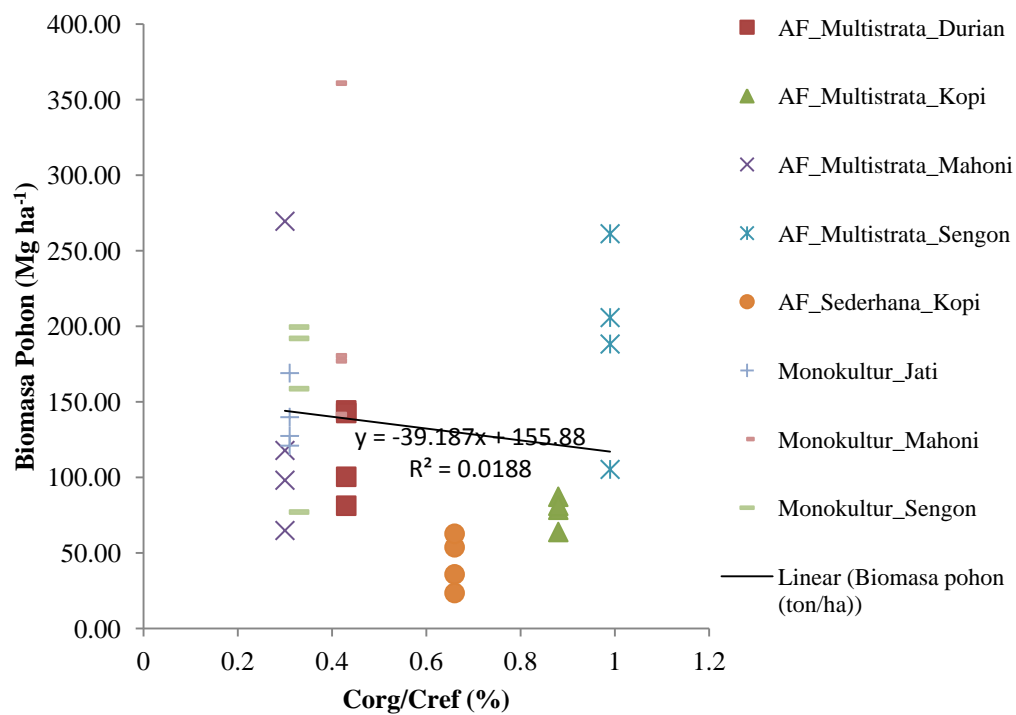
kopi pada sub DAS Konto Hulu yang berkisar antara 99 hingga 111 Mg ha⁻¹. Hal ini disebabkan adanya perbedaan keragaman spesies antara DAS Konto Hulu dan Hilir, pada bagian Hulu nilai diversitas pohon lebih rendah, hanya ditemukan tujuh spesies pohon dalam sistem penggunaan lahan. Sedangkan bila dibandingkan pada daerah Hilir nilai diversitas lebih tinggi dengan 15 spesies temuan. Sehingga masukan bahan organik pada DAS Konto Hilir lebih banyak dan bervariasi bila dibandingkan pada daerah Hulu, oleh karena itu nilai cadangan karbon pada bagian hilir lebih besar bila dibandingkan daerah hulu.

Sedangkan pada sistem penggunaan lahan Monokultur mahoni memiliki nilai cadangan C yang sebesar 179,6 Mg ha⁻¹, nilai ini hampir sama bila dibandingkan penelitian di DAS Konto Hulu dimana rata-rata nilai cadangan C di perkebunan pinus, mahoni, dan damar yang berumur antara 25-40 tahun berkisar antara 159 hingga 198 Mg ha⁻¹. Hal ini disebabkan pada DAS Konto Hulu, mahoni umur 25-40 tahun memiliki nilai kerapatan 935 pohon/ha dan dengan jumlah 7 spesies dalam sistem penggunaan lahan. Sedangkan pada DAS Konto Hilir umur 15-29 tahun memiliki nilai kerapatan 1231 pohon/ha dan diversitasnya spesies yang rendah yaitu 2 spesies dalam sistem penggunaan lahan. Tingkat penyimpanan karbon antar lahan berbeda-beda, tergantung pada keragaman jenis pohon, kerapatan, jenis tanah dan pengelolaannya (Hairiah *et al.*, 2010).

Cadangan karbon tersimpan di atas permukaan tanah lebih tinggi bila dibandingkan di bawah permukaan tanah yaitu sebesar 63%, sedangkan cadangan karbon di dalam tanah hanya 27%. Hasil ini berbeda bila dibandingkan dengan hasil penelitian di DAS Kali konto Hulu dengan kontribusi cadangan karbon di dalam tanah sebesar 63%. Karena masukan bahan organik melalui seresah daun, ranting, batang, maupun akar tanaman yang telah mati pada daerah Hulu lebih baik daripada Hilir. Hal ini disebabkan pada daerah Hilir petani melakukan aktifitas pengolahan tanah yang lebih intensif bila dibandingkan pada daerah Hulu. Sehingga kandungan cadangan karbon lebih tinggi.

Bahan organik tanah mempengaruhi pertumbuhan tanaman (biomasa pohon). Masukan bahan organik yang berbeda serta intensitas pengolahan lahan dapat mempengaruhi kesuburan tanah. Tanah dikatakan subur jika tanah tersebut mengandung bahan organik tanah minimal 2,5-4% (Hairiah *et al.*, 2000). Pada

DAS Konto Hilir bahan organik tanah relatif rendah nilainya berkisar antara 0,3-0,99% (Lampiran 2). Sedangkan Kandungan bahan organik tanah (C-org) pada DAS Konto Hulu relatif sedang, dengan kandungan C-org tertinggi di lapisan paling atas (0-10 cm) dan semakin rendah sampai pada kedalaman 30 cm. Kandungan C-org pada berbagai plot perlakuan berkisar antara 0,87 % (petak kopi naungan gliricidia) sampai 2,03 % pada petak hutan terganggu. Kandungan BOT ini dipengaruhi oleh tekstur tanah (kandungan liat dan debu), pH tanah dan ketinggian tempat (Van Noordwijk *et al.*, 1997).



Gambar 21. Hubungan BOT dengan biomasa pohon pada berbagai sistem penggunaan lahan pada DAS Konto Hilir.

Gambar 21 menjelaskan hubungan antara C organik tanah dengan biomassa pohon. Nilai hubungan antara C organik terhadap biomassa pohon (Lampiran 4) dijelaskan dengan persamaan regresi linier $y = -39,18x + 155,8$, dimana x adalah C organik dan y adalah biomassa pohon. Berdasarkan rumus tersebut dapat diketahui bahwa setiap penambahan C organik 0,1% akan mengurangi biomassa pohon sebesar 4 Mg ha⁻¹. Nilai tersebut dapat dimisalkan jika nilai C organik 0,2 maka menghasilkan biomassa pohon sebesar 148,04 Mg

ha⁻¹. Jika C organik 0,3 akan menghasilkan 144, 12 Mg ha⁻¹, sehingga dapat dilihat bahwa setiap kenaikan 0,1 % C organik akan menurunkan biomassa sebesar 4 Mg ha⁻¹. akan tetapi tingkat pengaruh dari C organik terhadap biomassa pohon tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan. Hal tersebut ditunjukkan dengan nilai R= 0,08, dimana tingkat pengaruh dari hubungan antar faktor dikatakan berpengaruh apabila lebih dari 0,5. Adapun kriteria tingkat korelasi dan regresi menurut Sarwono, 2006 yaitu antara lain adalah 0 = tidak ada korelasi, > 0-0.25 = berkorelasi / berregresi sangat lemah, >0.25-0.5 = berkorelasi/berregresi cukup, >0.5-0.75= berkorelasi/ berregresi kuat, >0.75-0.99 = berkorelasi/berregresi sangat kuat, dan 1 = berkorelasi / berregresi sempurna (Sarwono, 2006).

