

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 HASIL

4.1.1 Karakteristik Abu Vulkan

Abu vulkan Gunung Kelud tergolong masam dengan nilai pH 3,84 – 3,92. Kandungan P tersedia di dalam abu vulkan terendah didapat pada sistem Agroforestri (AF) kakao dengan nilai 6,03 mg kg⁻¹, sedangkan kadar P tersedia tertinggi didapat pada sistem AF nangka dengan nilai 6,73 mg kg⁻¹. Kandungan Si pada abu vulkan tertinggi didapat pada sistem AF kakao dengan nilai 30,98 %, sedangkan kandungan silika tertinggi didapat pada sistem AF nangka dengan nilai 31,16 %. Kandungan sulfur tertinggi pada abu vulkan didapat pada sistem AF kakao dengan nilai 0,22 mg kg⁻¹, sedangkan nilai terendah didapat pada sistem AF sengon dan nangka dengan nilai 0,21 mg kg⁻¹ (Tabel 1).

Tabel 1. Karakteristik kimia abu vulkan pada tiga sistem Agroforestri di Desa Watujejo.

Sistem AF	pH	P tersedia, mg kg ⁻¹	Si, %	S, mg kg ⁻¹	KA, %
Kakao	3,84	6,03	31,0	0,22	19,7
Sengon	3,88	6,51	31,1	0,21	19,5
Nangka	3,92	6,73	31,2	0,21	21,9

Abu vulkan yang diperoleh di lokasi penelitian dilakukan pengayakan menggunakan ayakan ukuran 2 mm, 0,5 mm, dan ukuran 0,025 mm. Hal ini dilakukan guna memisahkan partikel partikel yang berada dalam abu vulkan dan untuk mengetahui partikel yang memiliki komposisi terbanyak dalam abu vulkan. Partikel abu vulkan dengan ukuran >2 mm termasuk batu, krakal dan krikil (Tabel 2). Partikel dengan ukuran 2-0,5 mm tergolong pasir kasar, dan pasir halus. Partikel dengan ukuran 0,5-0,025 mm tergolong debu. Partikel abu vulkan yang memiliki ukuran <0,025 mm adalah debu halus.

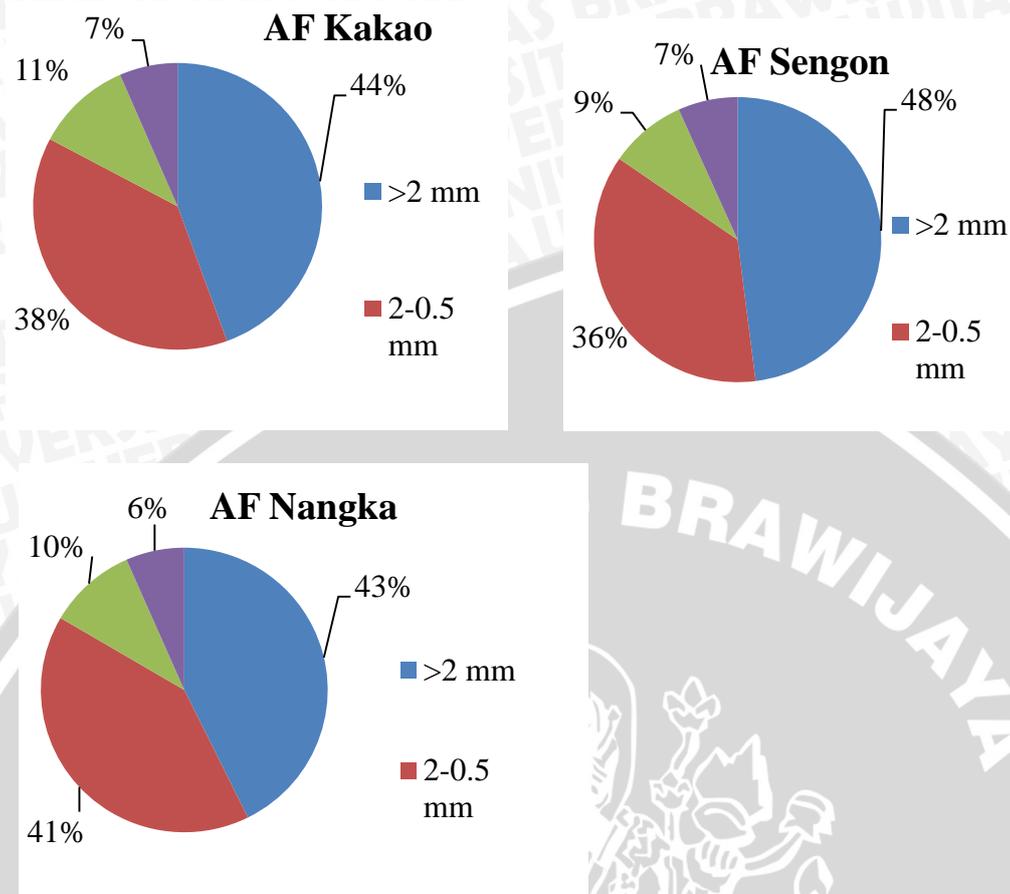
Tabel 2. Distribusi jenis dan ukuran partikel abu vulkan.

No.	Sistem AF	Distribusi jenis dan ukuran partikel abu vulkan, g*			
		Batu, krakal, krikil (>2mm)	Pasir kasar, pasir halus (2-0,5mm)	Debu (0,5-0,025)	Debu halus (<2mm)
1	Kakao	222	192	53,6	32,6
2	Sengon	240	183	43,4	33,6
3	Nangka	213	204	49,8	33,0

*Contoh abu vulkan menggunakan 500 g

Abu vulkan dari sistem AF sengon diayak menggunakan ayakan ukuran 2 mm (>2mm) meninggalkan partikel batu, krakal dan krikil dengan berat 240 g (Lampiran 3). Batu hanya ditemukan pada lokasi AF sengon, untuk partikel krakal dan krikil ditemukan pada masing-masing sistem AF. Abu vulkan yang berada di AF kakao, sengon dan nangka setelah diayakan dengan ukuran ayakan 0,5 mm, 0,025 mm dan ayakan 0,025 mm memiliki jenis partikel yang sama. Meskipun abu vulkan dalam tiga sistem AF memiliki jenis partikel abu vulkan yang sama setelah dilakukan pengayakkan, namun setiap masing masing AF memiliki komposisi berat partikel yang berbeda beda (Tabel 2).

Abu vulkan yang telah diketahui berat partikelnya, selanjutnya dilakukan perhitungan persentase partikel yang terkandung dalam abu vulkan. Dari hasil perhitungan komposisi partikel terbesar dalam abu vulkan tersusun dari material yang memiliki ukuran >2 mm (rata rata 45%). Pada sistem AF sengon ditemukan partikel dengan ukuran >2 mm memiliki komposisi tertinggi dalam abu vulkan (Gambar 6). Berdasarkan jenis partikel, pada AF sengon di temukan partkel batu, krakal, dan krikil dengan berat 240 g (Tabel 2) atau memiliki persentase 48% (Gambar 6). Selanjutnya partikel yang lolos ayakan 0,025 mm (<0,025 mm) memiliki persentase terendah antara 6-7% yang termasuk partikel debu halus.



Gambar 1. Persentase partikel abu vulkan pada ketiga sistem AF di lokasi +Abu

Abu vulkan yang berada di lokasi penelitian diukur ketebalan dan ditimbang masa tiap plot AF. Hal ini dilakukan untuk mengetahui berapa banyak abu vulkan yang berada di lokasi penelitian. Jumlah abu vulkan di lokasi penelitian disajikan dalam Tabel 3. Ketebalan abu vulkan dua bulan paska erupsi rata-rata memiliki ketebalan 7,3 cm dan berat rata rata abu vulkan adalah 1,25 kg/plot.

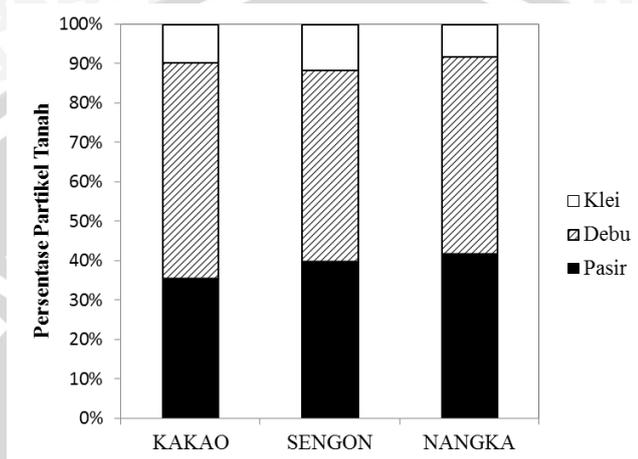
Tabel 3. Jumlah abu vulkan di ketiga sistem AF di desa Waturejo.

Sistem AF	Tebal abu, cm	Masa Abu, kg/frame*	Masa Abu, kg cm ⁻¹	Masa Abu, kg m ⁻²
Kakao	7,40	1,23	0,17	19,7
Sengon	7,40	1,24	0,17	19,9
Nangka	7,20	1,27	0,18	20,3

*Luas frame pengamatan 625 cm² (25 cm X 25 cm)

Masa abu vulkan Gunung Kelud terendah didapat pada sistem AF kakao dengan nilai 19,7 kg m⁻², sedangkan masa abu tertinggi didapat pada sistem AF nangka dengan nilai 20,3 kg m⁻² (Tabel 3).

Abu vulkan yang berada di lokasi penelitian dilakukan analisis tekstur untuk mengetahui persentase partikel tanah yang mendominasi dalam abu vulkan (Gambar 6). Persentase partikel tertinggi ditemukan adalah partikel debu dengan rata rata 51 % (Lampiran 3). Partikel pasir memiliki persentase tertinggi kedua dengan rata rata 39 % dan partikel klei memiliki persentase terendah dengan rata rata 10 %.



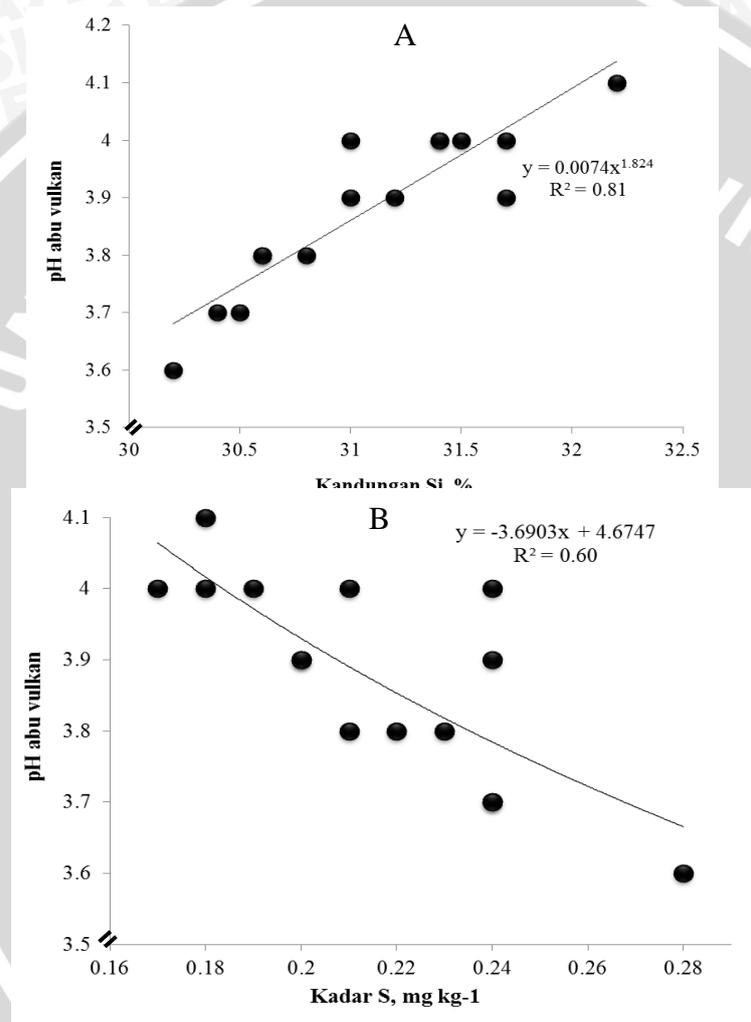
Gambar 2. Persentase jenis partikel tanah pada abu vulkan

Partikel debu memiliki persentase tertinggi 54,7%, pada sistem AF kakao, sedangkan persentase terendah 48,7% didapatkan pada sistem AF sengon (Lampiran 4). Partikel pasir memiliki persentase tertinggi pada sistem AF nangka 41,6 %, sedangkan persentase pasir terendah didapatkan pada sistem AF kakao sebesar 35,6 %. Partikel klei terendah didapatkan pada sistem AF nangka sebesar 8,23 %, sedangkan persentase liat tertinggi didapat pada sistem AF sengon sebesar 11,5 %.

4.1.2 Hubungan antara Kadar Silika dan Kandungan Sulfur dengan pH Abu Vulkan

Kadar Silika (Si) memiliki hubungan positif dengan pH, sedang kandungan Sulfur (S) berkorelasi negatif dengan pH (Gambar 8). Berdasarkan persamaan yang diperoleh, maka dapat diestimasi bahwa dengan peningkatan 0,5% Si diikuti oleh peningkatan pH abu vulkan sebesar 0,11. Hasil dari uji regresi menunjukkan peningkatan pH abu vulkan dipengaruhi oleh kadar Si

sebesar 81%, dan sebesar 19% merupakan faktor lain. Berdasarkan persamaan dari hubungan kandungan S dengan pH abu vulkan dapat diestimasi setiap peningkatan kandungan Sulfur (S) sebesar $0,01 \text{ mg kg}^{-1}$ terjadi penurunan pH sebesar 0,04. Hasil uji regresi kandungan S dengan pH abu vulkan menunjukkan penurunan pH abu vulkan dipengaruhi oleh S sebesar 60%, dan sebesar 40% adalah faktor lain.



Gambar 3. Hubungan antara kadar Silika (Si) dengan pH abu vulkan (A); B. kandungan Sulfur (S) dengan pH abu vulkan (B)

Kandungan S tertinggi terdapat pada sistem AF kakao, maka pH tanah pada sistem AF kakao menunjukkan nilai yang lebih rendah. Menurut Sudaryo dan Sutjipto (2009) sulfur (S) merupakan gas asam apabila bercampur dengan air akan menghasilkan asam Sulphuric (H_2SO_4) dan H_2SO_3 , hal tersebut yang menyebabkan penurunan pH. Hasil penelitian dari Nelson (2012),

mengungkapkan penambahan abu vulkan dalam tanah meningkatkan kandungan Sulfur dalam tanah. Peningkatan Sulfur dalam tanah mengakibatkan pH tanah menurun karena bertambahnya ion H^+ dalam tanah saat bereaksi dengan air. Menurut Neild *et al.* (1998) Sulfur yang terkandung dalam abu vulkan menyebabkan pH masam.

Sulfur merupakan material awal yang dikeluarkan gunung berapi saat terjadinya erupsi. Sulfur yang berada di kawah gunung berapi dapat mengalami penurunan suhu yang cepat karena proses erupsi, hal ini mengakibatkan Sulfur dalam bentuk gas berubah menjadi bentuk cair dan bisa membeku menjadi bentuk padatan. Sulfur dalam bentuk padatan ini akan terlempar saat proses erupsi terjadi bercampur dengan abu vulkanik. Unsur Sulfur (S) dalam lapisan abu vulkan yang berada di atas permukaan tanah akan larut oleh air dan menyebabkan Sulfur tercampur ke dalam tanah. Sedangkan S yang berada di atmosfer akan bereaksi dengan uap air di udara dan mengakibatkan hujan asam. Salah satu penyebab penurunan pH tanah pada lokasi yang dekat dengan sumber erupsi adalah hujan asam. Menurut Dumrose *et al.* (2007) hujan asam terjadi setelah erupsi gunung berapi dan mengakibatkan tanah menjadi masam.

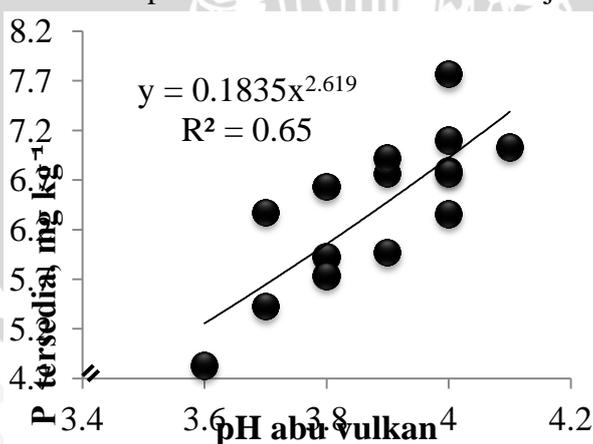
Sejalan dengan penelitian ini kandungan Sulfur tertinggi didapatkan pada sistem AF kakao dibandingkan dengan sistem AF lainnya, maka pH pada sistem AF kakao terendah (Lampiran 5). Berbeda dengan sistem AF angka kandungan Sulfur terendah memiliki nilai pH tertinggi.

Hasil uji regresi menunjukkan kadar Si berhubungan positif dan sangat erat dengan pH abu vulkan ($r= 0,90$) (Gambar 8). Peningkatan kadar Si akan diikuti dengan peningkatan pH pada abu vulkan. Berdasarkan hasil analisis laboratorium, abu vulkan pada sistem AF angka di desa +Abu memiliki kadar Si tertinggi (Tabel 1), maka pH tanah yang diperoleh lebih tinggi ($pH= 3,92$) dari pada di AF kakao dan AF sengan. Namun belum banyak penelitian yang mengungkapkan hubungan antara kadar Si dalam abu vulkan dengan pH abu vulkan.

4.1.3 Hubungan antara pH dengan P-Tersedia dalam Abu Vulkan

Jumlah P tersedia dalam abu vulkan meningkat dengan meningkatnya pH tanah, peningkatan pH hingga 0,1 umumnya akan diikuti oleh peningkatan ketersediaan P sebesar $4,93 \text{ mg kg}^{-1}$. Menurut Baak (1949), abu vulkan memiliki pH rendah dan mengakibatkan P tersedia rendah. Pada hasil *survey* ini juga diperoleh hubungan positif antara pH abu vulkan dengan P-tersedia, dimana dari persamaan yang diperoleh (Gambar 9) dapat diestimasi bahwa setiap peningkatan pH sebesar 0,1 terdapat P yang meningkat sebesar $0,41 \text{ mg kg}^{-1}$. Hasil uji regresi menunjukkan peningkatan P tersedia dalam abu vulkan dapat dipengaruhi oleh peningkatan pH sebesar 65%, dan sebesar 35% merupakan faktor lain.

Pada sistem AF kakao terdapat pH terendah (Tabel 1), maka pada sistem AF kakao terdapat kandungan P tersedia terendah. Menurut Ismunadji dan Makarim (1984) ketersediaan P rendah pada pH yang rendah. Ketersediaan P sangat dipengaruhi oleh kondisi pH. Kondisi pH abu vulkan tergolong masam, dimungkinkan bahwa ketersediaan P rendah karena jerapan P oleh Aluminium (Al) dalam abu vulkan. Menurut Negrin *et al.* (2002) kondisi pH masam P akan diikat oleh Aluminium (Al) menjadikan P tidak tersedia. Menurut Hairunisa (2011), bahwa pada kondisi masam P kurang tersedia karena dijerap oleh Al. Hal ini ditunjang oleh hasil penelitian dari Baak (1949), abu vulkan Gunung Kelud mengandung Al sebesar 3,94-19%. Menurut Shoji dan Takahashi (2002) rendahnya ketersediaan P pada kondisi masam karena terjadi keracunan oleh Al.



Gambar 4. Hubungan pH dengan P-tersedia dalam abu vulkan.

Semakin meningkatnya pH abu vulkan diikuti dengan meningkatnya ketersediaan P dalam abu vulkan. Sejalan dengan penelitian ini, pada AF kakao

didapat pH yang rendah maka ketersediaan P juga rendah (Tabel 1 dan Lampiran 5). Berbeda dengan AF angka yang memiliki pH tinggi maka diperoleh P tersedia tinggi.

4.2 Karakteristik Kimia Tanah di Desa Waturejo dan Desa Wonosari

Karakteristik kimia tanah di lokasi pohon KBR, di Desa Waturejo (+Abu) dan Desa Wonosari (-Abu) disajikan pada Tabel 4. Keberadaan abu vulkan meningkatkan kandungan P tersedia berkisar 3 sampai 5 kali kandungan P tersedia di tanah (-Abu) vulkan.

Tabel 4. Hasil analisis kimia tanah di Desa Waturejo dan Wonosari

Sistem AF	+ Abu (Waturejo)		- Abu (Wonosari)		+Abu/-Abu
	pH	P tersedia, mg kg ⁻¹	pH	P tersedia, mg kg ⁻¹	P tersedia,
Kakao	4,92	1,19	5,5	0,22	5x
Sengon	5,22	0,64	5,3	0,25	3x
Nangka	5,02	0,59	5,5	0,37	3x

Kandungan kimia tanah yang diambil pada tanah +Abu memiliki nilai pH terendah pada sistem AF kakao dengan nilai 4,9. Sedangkan pH tertinggi terdapat pada sistem AF sengon dengan nilai 5,2, akan tetapi kandungan P tersedia (0,64 mg kg⁻¹) yang diperoleh masih lebih rendah dari pada di tanah AF kakao.

Hasil analisis kimia tanah yang diambil di -Abu didapatkan pH terendah pada sistem AF sengon dengan nilai 5,3, sedangkan nilai pH tertinggi didapat pada sistem AF kakao dan nangka 5,5 (Lampiran 6). Pada wilayah -Abu, kandungan P tersedia terendah didapat pada sistem AF kakao dengan nilai 0,22 mg kg⁻¹, sedangkan kandungan P tersedia tertinggi pada sistem AF nangka dengan nilai 0,37 mg kg⁻¹.

4.2.1 Hubungan antara pH dengan P-tersedia tanah di Desa Waturejo (+ Abu vulkan) dan Desa Wonosari (- Abu vulkan)

Bedasarkan uji regresi, diketahui bahwa pH pada tanah +Abu berhubungan negatif dengan kandungan P-tersedia, dimana peningkatan P tersedia dipengaruhi oleh pH sebesar 60%, dan sebesar 40% adalah faktor lain.

Bedasarkan hasil pengukuran pH tanah di lokasi +Abu (Desa Waturejo), sistem AF kakao menunjukkan pH terendah (Tabel 4), tetapi justru memiliki P tersedia yang tinggi (Gambar 9). Hal ini tidak sesuai dengan hasil penelitian Blamey dan Edwards (1989) bahwa peningkatan pH pada tanah masam mampu meningkatkan ketersediaan P dalam tanah. Hasil penelitian dari Kang (1989), mengungkapkan peningkatan pH pada tanah mampu meningkatkan ketersediaan P. Hal yang mempengaruhi peningkatan P tersedia yang tidak diikuti peningkatan pH tanah pada lokasi +Abu adalah adanya penambahan P tersedia dari abu vulkan ke dalam tanah akibat proses pencucian hara.

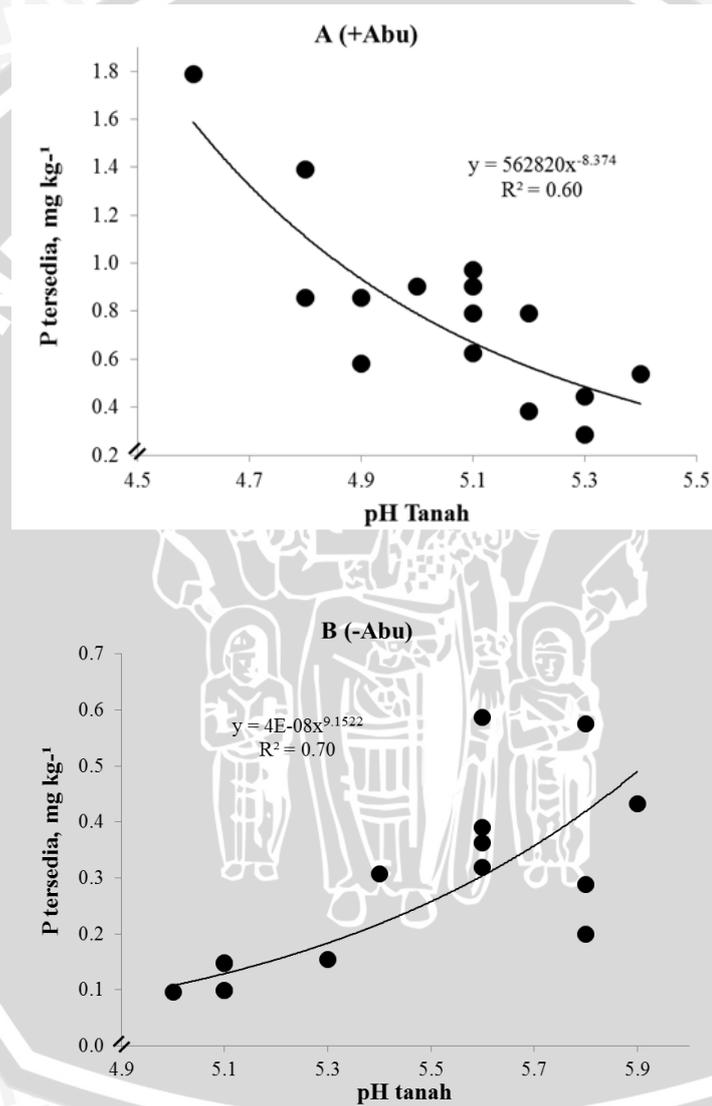
Abu vulkan Gunung Kelud mengandung P tersedia sekitar 0,16-21,6 mg kg⁻¹ (Baak, 1949). Unsur P tersedia dari lapisan abu vulkan tercuci ke dalam tanah akibat hujan. Hujan mengakibatkan P tersedia larut dalam air selanjutnya mengalami perpindahan lokasi dari lapisan abu menuju ke dalam tanah. Menurut Vistoso *et al.* (2012) P tersedia dapat tercuci mengikuti pergerakan air dalam tanah akibat larut dalam larutan tanah. Hal ini ditunjang oleh Lebon (2009), P tersedia dalam abu vulkan dapat menambahkan P tersedia dalam tanah akibat pencucian hara. Hasil penelitian ini menunjukkan semakin meningkatnya pH tanah pada desa +Abu vulkan ketersediaan P akan semakin rendah (Gambar 10).

Namun demikian, hal tersebut tidak terjadi pada tanah di Desa Wonosari (-Abu), di lokasi tersebut diperoleh hubungan positif antara pH dengan P tersedia ($R^2 = 0,70$) (Gambar 10). Semakin meningkat pH akan diiringi peningkatan P tersedia dalam tanah. Dari uji regresi menunjukkan peningkatan P tersedia dipengaruhi oleh pH sebesar 70%, dan 30% adalah faktor lain.

Berdasarkan data yang diperoleh, diketahui bahwa pada lokasi -Abu sistem AF angka diperoleh pH tertinggi (Tabel 3), sehingga kandungan P tersedia tinggi. Hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian yang dilaporkan oleh Hairunisa (2011), bahwa ketersediaan P dalam tanah akan meningkat (4%) seiring dengan meningkatnya pH tanah dari pH 3,9 menjadi 4.

Pada lokasi -Abu pH memiliki hubungan yang positif dengan P tersedia. Kondisi pH tanah di lokasi -Abu tergolong masam (Lampiran 6). Pada tanah masam permasalahan P tersedia rendah karena jerapan P oleh Al. Pada kondisi masam Al mudah bereaksi dengan ion P dan menyebabkan ketersediaan P rendah

(Tang dan Li. 2014). Unsur Al mengikat P yang mengakibatkan P tidak larut dalam air yang mengakibatkan tidak tersedianya P untuk tanaman. Semakin meningkat pH tanah maka diiringi dengan peningkatan ketersediaan P. Karena dengan peningkatan pH kemungkinan keracunan Al pada tanah akan semakin rendah. Hal ini yang menyebabkan ketersediaan P akan meningkat dengan peningkatan pH. Maka pada penelitian ini pada sistem AF angka diperoleh pH tinggi (pH= 5,5) dengan ketersediaan P tinggi 0,37 mg kg⁻¹ (Tabel 4).



Gambar 5. Hubungan antara pH tanah dengan kandungan P tersedia pada tanah +Abu (A) dan -Abu (B)

4.3 Pembahasan Umum

Desa Waturejo yang berada di Kec. Ngantang, Kab. Malang berada di sebelah utara Gunung Kelud yang memiliki jarak 8-10 km. Desa Waturejo salah

satu desa terparah yang terdampak erupsi Gunung Kelud. Menurut informasi masyarakat sekitar sembilan jam setelah erupsi terjadi, ketebalan abu Gunung Kelud hingga bawah lutut orang dewasa sekitar 30 cm. abu vulkan tersebar luas hingga menutupi lahan pertanian termasuk lahan pohon KBR yang merupakan lokasi pengamatan.

Sebaran abu vulkan di lokasi pengamatan memiliki ketebalan dan jenis partikel yang berbeda di setiap sistem AF. Perbedaan ketebalan dan jenis partikel abu vulkan dipengaruhi oleh jarak lokasi dari sumber erupsi, arah angin dan posisi tajuk tanaman (*CP/Crown Position*).

- a. Jarak menentukan ketebalan dan jenis partikel abu vulkan yang menumpuk pada suatu lokasi. Lokasi yang dekat dengan sumber erupsi memiliki ketebalan abu tertinggi dan didominasi oleh partikel abu vulkan yang berukuran besar. Menurut USGS (2009), partikel yang berukuran besar akan menumpuk di lokasi sekitar sumber erupsi. Semakin jauh jarak abu vulkan dari sumber erupsi ukuran abu akan semakin halus (Baak, 1949). Semakin jauh suatu lokasi belum tentu memiliki ketebalan abu yang rendah. Hal ini dipengaruhi oleh tipe letusan gunung berapi. Tipe letusan gunung berapi (eksplosif dan efusif) memiliki proses penumpukan abu vulkan (Nelson, 2012).
- b. Faktor kedua adalah arah angin. Arah angin sangat mempengaruhi proses penumpukan abu vulkan. Saat proses erupsi material vulkan akan terdorong kuat akibat dorongan yang kuat dari dapur magma dan menyebabkan material vulkan menyembur ke udara. Angin akan menggerakkan dan memindahkan abu vulkan menuju kemana arah angin berhembus. Angin hanya dapat mempengaruhi partikel abu vulkan yang memiliki masa ringan. Partikel abu vulkan yang ringan mampu diterbangkan oleh angin dengan mudah dan berjatuh di lokasi yang jauh dari sumber erupsi. Menurut Wilson *et al.* (2007) partikel abu vulkan dipisahkan oleh angin, partikel yang ringan dapat menumpuk ratusan hingga ribuan kilometer dari pusat erupsi.
- c. Posisi tajuk (*CP*) pohon KBR dalam sistem AF akan mempengaruhi ketebalan dan masa abu vulkan yang berada di permukaan tanah. Dari

hasil analisis statistika menunjukkan pengaruh yang nyata dengan keeratan hubungan yang kuat ($r= 0,59$) antara tebal abu dengan CP4. Sedangkan masa abu vulkan memiliki pengaruh yang nyata dan memiliki keeratan hubungan yang kuat dengan CP4 ($r= 0,61$). Hal ini menunjukkan bahwa CP4 mempengaruhi ketebalan dan masa abu vulkan pada sistem AF. Bentuk tajuk dibagi menjadi 5 yaitu CP1, CP2, CP3, CP4 dan CP5. Semakin rendah nilai CP maka posisi kanopi akan semakin rapat tertutupi oleh kanopi tanaman penangung. Posisi tajuk dari CP4 lebih rapat dibandingkan posisi tajuk CP5. Posisi kanopi CP4 mampu menutupi sistem AF dari penambahan abu vulkan hasil erupsi. Bentuk tajuk tanaman yang rapat hanya memberikan ruang yang sempit untuk masuknya abu vulkan dalam sistem AF. Berbeda dengan tajuk tanaman yang terbuka memiliki ruang yang luas untuk masuknya abu vulkan. Pada penelitian semakin rapat tajuk tanaman maka semakin rendah ketebalan abu dan masa abu vulkan akan semakin rendah. Namun belum banyak penelitian mengenai sejauh mana posisi tajuk tanaman pada sistem AF mempengaruhi ketebalan dan jenis partikel abu vulkan.

Erupsi Gunung Kelud yang mengeluarkan abu vulkan menyebabkan kerusakan fisik pohon KBR. Berdasarkan pengamatan singkat secara kualitatif di lapangan dan informasi dari masyarakat pemilik lahan diketahui, bahwa tanaman sengon mengalami kerusakan terparah (patah dahan dan batang) walaupun pada 2 bulan paska erupsi telah muncul tunas baru. Menurut Neild *et al.* (1998) aktivitas vulkanis gunung berapi menyebabkan kerusakan fisik tanaman hutan meliputi cabang pohon yang patah, dahan dan ranting yang patah dan batang pohon patah akibat menahan masa abu vulkan. Sementara tanaman kakao dan nangka tidak mengalami kerusakan fisik yang terlalu berarti. Namun demikian dengan adanya tambahan abu vulkan menyebabkan perubahan kondisi tanah tanah (kimia, fisik, biologi).

Penambahan abu vulkan ke dalam tanah menguntungkan bagi tanaman, karena ada peningkatan kandungan P tersedia 3 hingga 5 x lipat. Unsur P sangat dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman kakao, sengon dan nangka, berperan

penting dalam fotosintesis dan sebagai bahan pembentuk akar. Fosfor merupakan salah satu unsur makro yang dibutuhkan tanaman maka kebutuhannya tidak bisa digantikan oleh unsur lainnya. Kekurangan kebutuhan unsur P pada tanaman menyebabkan pertumbuhan tanaman tidak normal karena pertumbuhan akar terganggu dan proses fotosintesis terganggu (Herman dan Prawono. 2013).

Pada lokasi +Abu kondisi kimia tanah menjadi berubah akibat adanya penambahan abu vulkan ke dalam tanah. Hasil penelitian diketahui, terjadi penurunan pH tanah di Desa Waturejo (+Abu), namun terjadi peningkatan P tersedia dalam tanah paska erupsi. Penurunan pH akibat adanya abu vulkan hingga 4,92 tetapi P tersedia justru mengalami peningkatan (Tabel 4, Gambar 10, Lampiran 5). Menurut Nelson (2012), penambahan abu vulkanik dalam tanah menyebabkan penurunan pH, namun P tersedia dalam tanah meningkat.

Hasil uji regresi berganda menunjukkan pengaruh nyata antara kadar Si, kandungan S, dan pH abu vulkan terhadap P tersedia dalam tanah (Lampiran 10). Peningkatan P tersedia di lokasi +Abu dipengaruhi oleh kadar Si, kandungan S dan pH dalam abu vulkan (Lampiran 11). Dari persamaan regresi berganda diketahui bahwa sebesar 76% pengaruh kadar Si, kandungan S dan pH abu vulkan terhadap peningkatan P tersedia dalam tanah. Hasil regresi menunjukkan hanya kadar S dan pH abu vulkan memiliki pengaruh sebesar 65% terhadap P tersedia. Hasil regresi pH abu vulkan memiliki pengaruh sebesar 63% terhadap P tersedia dalam tanah. Penambahan kadar Si dalam abu vulkan mempengaruhi P tersedia dalam tanah sebesar 13%, dan penambahan S berpengaruh sebesar 2%.

Variabel pH abu vulkan sangat berpengaruh terhadap P tersedia dalam tanah. Menurut Ismunadji dan Makarim (1984) ketersediaan P sangat tergantung pada kondisi pH. Kondisi pH akan mempengaruhi kelarutan dan bentuk dalam tanah, fiksasi P dan unsur yang memfiksasi P, dan kekuatan ikatan (Novriani, 2010). Bentuk P tersedia dalam tanah masam seperti di lokasi pengamatan didominasi dalam bentuk ortofospat ($H_2PO_4^-$). Bentuk Fosfor primer $H_2PO_4^-$ bereaksi dengan Al membentuk senyawa tidak larut yang berikatan kuat dan mengendap mengakibatkan tidak tersedia bagi tanaman (Hairunisa, 2011). Pada penelitian ini, P tersedia pada desa +Abu mengalami peningkatan namun P

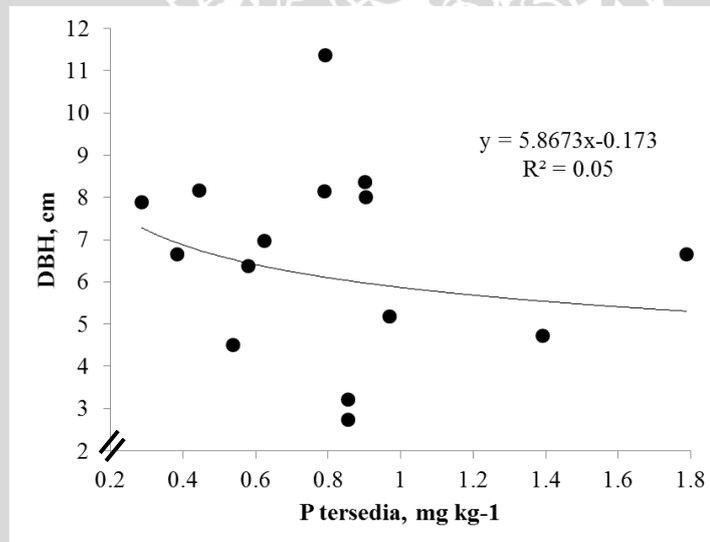
tersedia dalam tanah tergolong sangat rendah. Menurut Suriadikarta *et al.* (2010) ketersediaan P kurang dari 41 mg kg⁻¹ tergolong sangat rendah.

Peningkatan P tersedia dalam tanah pada lokasi + Abu akan meningkatkan pertumbuhan tanaman (Herman dan Prawono. 2013). Namun demikian dari data hasil pengukuran yang diperoleh pada penelitian ini (Tabel 5) diperoleh hubungan yang lemah antara ketersediaan P dengan rata-rata DBH pohon KBR ($r = -0,18$).

Tabel 5. Hasil analisis P tersedia tanah desa + Abu dan DBH sistem AF.

Sistem AF	P tersedia, mg kg ⁻¹	DBH, cm
Kakao	1,19	6,59
Sengon	0,64	7,83
Nangka	0,59	5,38

Hasil uji regresi menunjukkan hubungan yang negatif antara P tersedia dengan DBH tanaman (Gambar 11). Hal ini menunjukkan bahwa P tersedia bukan merupakan faktor utama dalam pertumbuhan pohon KBR. Pengaruh P tersedia terhadap pertumbuhan pohon KBR hanya sebesar 5%.



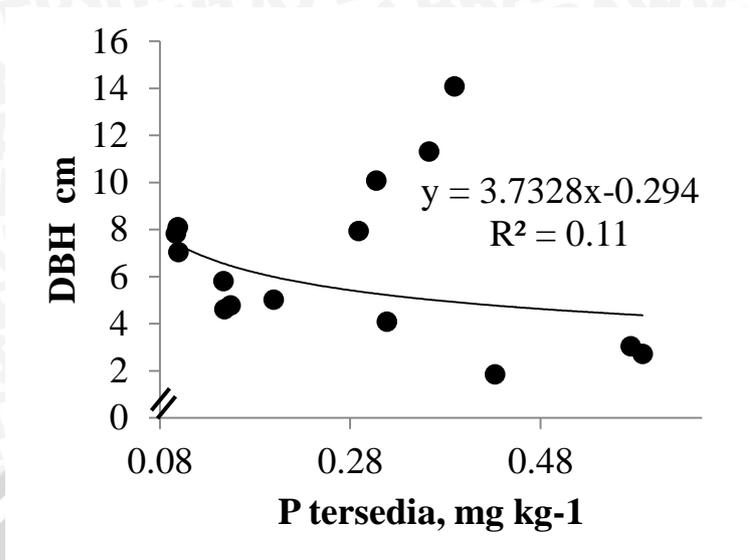
Gambar 6. Hubungan P tersedia dan DBH pohon KBR di lokasi +Abu

Hal tersebut dapat dijelaskan berdasarkan 3 kemungkinan:

- Pertumbuhan tanaman tidak ditentukan oleh ketersediaan P saja. Tanaman dapat tumbuh dengan optimal bila tanaman memperoleh cukup cahaya, air dan unsur hara. Pada penelitian ini diketahui P tidak terlalu membatasi pertumbuhan tanaman yang ditunjukkan dengan sebaran kanopi tanaman yang rapat. Berdasarkan data sistem AF di lokasi +Abu rata rata tanaman

- memiliki bentuk kanopi yang rapat (Lampiran 7). Kanopi tanaman yang rapat mampu menyerap cahaya dengan optimal dan meningkatkan pertumbuhan tanaman (Soedradjad dan Maharani. 2012).
- b. Variabel P yang diukur menurut metoda pengukuran metode P-Bray II kurang bisa menggambarkan bentuk P tersedia bagi tanaman. Menurut Hedley *et al.* (1982) bentuk P yang tersedia bagi tanaman adalah Resin Pi, NaOH Po, Sonic Po, HCl Pi dan Residual Po. Fraksionasi P dibagi menjadi 3, yaitu bentuk labil, tidak stabil, dan stabil. Pada lokasi pengamatan kandungan P meningkat kandungannya karena penambahan abu vulkan. Peningkatan kandungan P hanya terjadi pada fraksi P yang stabil karena sumber abu vulkan merupakan batuan Amorf (Negrin *et al.*, 2002). Fraksi stabil dari P agar tersedia bagi tanaman membutuhkan waktu yang lama (Cross dan Schlesinger. 1994).
 - c. Perubahan ketersediaan P dalam tanah terjadi karena penambahan abu vulkan hasil erupsi. Ketersediaan P yang tinggi pada tanah dengan pH yang rendah, namun semakin meningkat pH tanah maka ketersediaan P semakin rendah. Dampak penambahan abu vulkan dalam tanah tidak secara langsung dapat meningkatkan kesuburan tanah. Menurut Lebon, (2009); dan Nelson, (2012) penambahan abu vulkan dapat meningkatkan kesuburan tanah dalam waktu yang lama. Namun dari hasil penelitian menunjukkan ketersediaan P dalam tanah belum bisa menunjang pertumbuhan pohon KBR.

Sedangkan pada lokasi –Abu, P tersedia dengan DBH tanaman memiliki hubungan yang lemah ($r = -0,20$). Hasil regresi menunjukkan hubungan yang negatif antara P tersedia dengan DBH tanaman (Gambar 11). Semakin tinggi ketersediaan P dalam tanah maka pertumbuhan tanaman akan semakin rendah. Pertumbuhan tanaman tidak hanya dipengaruhi oleh ketersediaan P dalam tanah. Menurut Novriani (2007), ketersediaan P dibutuhkan tanaman untuk proses pertumbuhan, namun didukung pula oleh syarat tumbuh tanaman yang lain seperti kecukupan hara, ketersediaan air dan cahaya.



Gambar 7. Hubungan antara P tersedia dengan DBH tanaman pada lokasi -Abu

