

Kandungan dan Serapan Mineral Pucuk *Indigofera zollingeriana* dari Tanaman dengan Kerapatan Tanam Berbeda

Mineral Content and Uptake of *Indigofera zollingeriana* on Different Planting Densities

A Ernawati, L Abdullah*, IG Permana

Corresponding email:
lukiabdullah@gmail.com

Departemen Ilmu Nutrisi dan
Teknologi Pakan, Fakultas
Peternakan, IPB University

Submitted: 2nd July 2021

Accepted: 10th August 2021

ABSTRACT

This experiment was conducted to evaluate the mineral contents of *I. zollingeriana* growing with different planting densities. The experiment was conducted in a randomized block design with three different planting densities (8,000 plants per ha, 13,333 plants per ha, and 20,000 plants per ha) and 3 replication. Plant biomass was analyzed for macro and micro mineral contents as well as Ca:P ratio. The results showed that increased planting densities significantly increased ($p < 0.05$) P, Cu, and Cr contents, but decreased Ca and Na contents had no significant effect on Mg, K, Mn, Zn and Fe contents. Furthermore, the increased planting densities significantly decreased ($p < 0.05$) uptakes of Ca, K, Mn, and Fe by the plants, but increased ($p < 0.05$) the uptakes of Cu and Cr. Meanwhile, the uptakes of P, K, Na, and Zn were not affected by planting densities. Based on the results of this study, it can be concluded that the planting density of *I. zollingeriana* should be maintained in 8,000 plants ha⁻¹ to maintain the content and uptake of mineral in forage crops.

Key words: defoliation periods, *Indigofera zollingeriana*, macrominerals, micro minerals, planting density

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi kandungan mineral pucuk daun *Indigofera zollingeriana*, yang diperoleh dari tanaman yang ditanam dengan kepadatan tanam yang berbeda. Percobaan lapangan menggunakan Rancangan Acak Kelompok dengan tiga kepadatan tanam, yaitu 8.000 tanaman per ha, 13.333 tanaman per ha, dan 20.000 tanaman per ha, dan 3 ulangan. Sampel dari daun pucuk tanaman dianalisa kandungan mineral mikro dan mikro yaitu mineral Ca, P, K, Mg, Na, Zn, Cu, Fe, Cr. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan kepadatan tanam secara nyata ($p < 0,05$) meningkatkan kandungan P, Cu, dan Cr, tetapi menurunkan kandungan Ca, dan Na dan tidak berpengaruh nyata terhadap kandungan Mg, K, Mn, Zn dan Fe. Selanjutnya, peningkatan kepadatan tanam nyata ($p < 0,05$) menurunkan serapan Ca, K, Mn, dan Fe oleh tanaman, tetapi meningkatkan serapan Cu dan Cr. Sedangkan serapan P, K, Na, dan Zn tidak dipengaruhi oleh kepadatan tanam. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa kepadatan tanam *I. zollingeriana* harus dipertahankan pada 8.000 tanaman per ha untuk menjaga kandungan mineral dan serapan pada tanaman hijauan.

Kata kunci: *Indigofera zollingeriana*, kepadatan tanam, mineral makro, mineral mikro, periode defoliiasi

PENDAHULUAN

Rendahnya tingkat produksi dan reproduksi ternak di daerah tropis seringkali disebabkan oleh ketidakseimbangan mineral antara tanah dan tanaman. Mineral merupakan salah satu komponen yang sangat diperlukan oleh ternak khususnya pada ternak ruminansia dimana mikroba rumen dalam aktivitasnya sangat memerlukan keberadaan mineral. Mineral dalam rumen berfungsi untuk aktivitas pembentukan sel, aktivitas selulolitik, sintesis protein mikroba, dan juga untuk pertumbuhan mikroba yang akan berpengaruh langsung pada produktivitas serta efektivitas penggunaan nutrisi pada ternak ruminansia (Durand & Kawashima 1979, Kwak *et al.* 2020). Suplementasi mineral dapat meningkatkan status nutrisi, kesehatan, maupun reproduksi pada kambing kacang yang dicirikan dengan meningkatnya nilai hematologi darah, profil mineral darah dan keberhasilan kebuntingan (Khalil *et al.* 2019), peningkatan produksi progesteron dan peningkatan kekuatan tulang dan gigi pada ternak (Muhtarudin & Liman 2006). Namun, suplementasi mineral komersial pada umumnya dapat meningkatkan biaya produksi sehingga tidak ekonomis dan diperlukan sumber mineral alami dengan memanfaatkan hijauan leguminosa lokal yang tinggi mineral.

Indigofera zollingeriana merupakan leguminosa yang potensial sebagai sumber protein dan mineral bagi ternak. Tanaman ini mampu menghasilkan biomassa, protein dan mineral serta memiliki pencernaan yang tinggi dibandingkan leguminosa lainnya (Suharlina *et al.* 2016a; Suharlina *et al.* 2016b) dan efektif meningkatkan daya cerna ransum kambing jika digunakan dalam pakan komplit (Tarigan *et al.* 2017). Mengandung protein kasar (29,76%-29,83%), dan mineral tinggi (Ca 2,4% ; P 0,46%, Mg 0,51% : K 4,1%) dan tanin rendah (0,09%-0,65%) (Abdullah 2010), pencernaan bahan kering tinggi (72% - 81%) (Abdullah & Suharlina 2010). *Indigofera* memiliki rentang adaptasi terhadap berbagai kondisi lingkungan, toleran terhadap cekaman kering (Herdiawan & Krisnan 2014), dan kondisi tanah masam (Hassen *et al.* 2007). Namun, kandungan nutrisi tanaman hijauan khususnya nutrisi mineral sangat tergantung pada berbagai faktor, diantaranya kompetisi terhadap sinar matahari, air dan hara dalam tanah. Persaingan antar individu tanaman di lahan merupakan faktor penentu keterbatasan ketiga elemen tersebut. Seiring dengan efisiensi penggunaan lahan untuk menghasilkan pakan ternak di daerah padat penduduk, perlu dilakukan evaluasi pengaruh kerapatan tanam terhadap produksi biomassa dan kualitas hijauan yang tinggi. Kepadatan tanam yang tepat dapat meningkatkan serapan nutrisi (mineral), air dan cahaya. Tingginya ketersediaan mineral dari hijauan khususnya *indigofera* pada kerapatan yang tepat

berperan penting dalam peningkatan produktivitas ternak dan efisiensi pakan.

Studi pada *Indigofera* yang tumbuh dengan kerapatan tanaman berbeda menghasilkan penurunan produksi bahan kering hijauan individu dari 1,29 kg ke 0,41 kg, produksi bahan kering per petak dari 15,51 kg ke 12,35 kg, serta penurunan kandungan protein kasar dan kandungan asam amino seiring dengan peningkatan kerapatan tanaman (Kumalasari *et al.* 2017). Kerapatan tanaman yang lebih rendah menyebabkan produksi biomassa, kandungan NDF dan β -karoten lebih tinggi (Kumalasari *et al.* 2017). Sehingga diperlukan pengaturan kerapatan tanam untuk meminimalisir kompetisi dalam penyerapan nutrisi, air, dan intensitas cahaya antar tanaman di lahan untuk menghasilkan biomassa dan nutrisi yang tinggi, khususnya mineral pada *I. zollingeriana*. Dinamika dan kandungan mineral jaringan tanaman *Indigofera* yang tumbuh dalam kondisi stres akibat persaingan intraspesies belum dipelajari secara menyeluruh. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kandungan mineral dan serapan mineral *I. zollingeriana* dari tanaman yang tumbuh dengan kerapatan tanam berbeda.

METODE

Evaluasi kandungan dan serapan mineral *Indigofera* dilakukan pada bulan Januari hingga Juli 2020 di Laboratorium Agrostologi dan Laboratorium Ilmu Nutrisi Ternak Perah Fakultas Peternakan Institut Pertanian Bogor. Intensitas curah hujan selama masa pertumbuhan berkisar 332 - 446 mm, yang menunjukkan intensitas curah hujan yang rendah. Tanah berjenis latosol yang didominasi dengan lempung liat. Sifat kimia tanah adalah pH 4,62, C-organik 3,18% , N_{total} 0,27%, PO_4 tersedia 4,3 ppm, K^+ rendah 0,11 cmol kg^{-1} , Ca^{++} 0,10 cmol kg^{-1} , Mg^{++} 1,62 cmol kg^{-1} , Na^+ 0,15 cmol kg^{-1} , KTK (kapasitas tukar kation) 20,27 cmol kg^{-1} , saturasi basa 12,29%, Al^{+++} 3,4 cmol kg^{-1} .

Preparasi Sampel

Sampel yang digunakan adalah pucuk *Indigofera* dari tanaman pada plot yang sama dengan tanaman yang telah dibudidayakan oleh Kumalasari *et al.* (2017). Tanaman *Indigofera zollingeriana* dibudidayakan sejak tahun 2017 di petak berukuran 3m x 5m (15m²) dan dirawat dengan baik, sehingga tanaman tumbuh dengan optimal. Sampel diambil dari tanaman dengan interval defoliasi 60 hari dan disesuaikan dengan perlakuan populasi tanaman per plot. Pemanenan dilakukan selama tiga periode defoliasi yang masing-masing dilakukan pada bulan Maret, Mei dan Juli di tahun yang sama. Pucuk *Indigofera* diambil dari tanaman bagian atas yang dipotong 15 cm dari ujung ranting, yang didominasi oleh daun muda. Pucuk kemudian dikeringkan (55°C), digiling dan di ayak dengan saringan 0,5-1 mm, dan disimpan dengan suhu rata-rata -4°C, sehingga sampel tahan lama.

Sampel kemudian dianalisis mineral makro dan mikro di laboratorium.

Destruksi Sampel

Sampel di destruksi menggunakan teknik pengabuan basah (Reitz *et al.* 1960). Sebanyak 10 gram sampel dimasukkan ke dalam erlenmayer ukuran 100 ml, 15 ml HNO₃ ditambahkan lalu didiamkan selama 1 jam pada suhu ruang di ruang asam. Selanjutnya dipanaskan diatas hot plate dengan temperatur rendah selama 4-6 jam (dalam ruang asam). Sampel kemudian ditutup dan didiamkan semalaman. Kemudian sebanyak 0,4 ml H₂SO₄ pekat ditambahkan dan dipanaskan selama 1 jam hingga larutan berkurang dan menjadi lebih pekat. Lalu HClO₄ dan HNO₃ diteteskan sebanyak 3 tetes dengan perbandingan 2:1 dengan keadaan masih tetap diatas hot plate, karena pemanasan terus dilanjutkan hingga terjadi perubahan warna dari coklat menjadi kuning tua dan berubah menjadi kuning muda kurang lebih selama 1 jam. Setelah terjadi perubahan warna, pemanasan masih dilanjutkan hingga 10-15 menit. Kemudian didinginkan dan ditambahkan 2 ml akuades dan 0,6 ml HCl pekat. Lalu dipanaskan kembali dan dimasukkan ke dalam labu takar 50 ml serta disaring dengan kertas saring Whatman. Sampel hasil pengabuan basah diencerkan dengan akuades dan dianalisa mineralnya menggunakan AAS tipe AA6680 atau spektrofotometer. Pengenceran dilakukan untuk menurunkan kandungan mineral dalam sampel berada dalam kurva larutan standar yang sudah ditetapkan. Fosfor diukur menggunakan spektrofotometer (UV Visible) dengan panjang gelombang 660 nm, sedangkan untuk mineral Na (589,0 nm), K (766,5 nm), Mg (285,2 nm), Ca (422,7 nm), Mn (279,6 nm), Fe (248,3 nm), Cr (359,3 nm), Cu (324,8 nm), dan Zn (213,85 nm) dibaca menggunakan AAS (AOAC 2002). Tinggi burner ditetapkan 7 cm untuk analisis Ca, K, Mg, Na, Zn, Mn, Cu dan 9 cm untuk analisis Fe dan Cr. Nilai absorbansi (A) dicatat untuk setiap konsentrasi larutan sampel.

Pembuatan Larutan Standar

Larutan standar dibuat dengan cara 10 ml larutan mineral standar induk (1000 mg per 1000 ml) dipipet ke dalam labu takar 100 ml. Akuades ditambahkan hingga tanda tera. Larutan kemudian dihomogenkan dengan cara membalik-balikkan labu takar. Larutan standar tersebut kemudian diencerkan menjadi standar mineral sesuai dengan konsentrasi yang diinginkan. Pembuatan larutan standar mineral sesuai dengan metode AOAC (2002), yaitu menggunakan 5 level konsentrasi larutan standar yang berbeda. Plot kurva standar mineral dibuat yaitu dengan plot konsentrasi larutan standar mineral yang diuji dalam beberapa varian konsentrasi (sumbu x) dan absorbansi (sumbu y). Kurva ini diperoleh secara otomatis di komputer. Kurva standar mineral yang diuji digunakan untuk menentukan konsentrasi mineral

dalam sampel. Konsentrasi mineral dalam sampel (m 100g⁻¹) dihitung dengan rumus sebagai berikut (AOAC 2002):

$$\text{Konsentrasi mineral (mg } 100 \text{ g}^{-1}) = (C \times V \times FP) / W$$

Keterangan:

C = konsentrasi baca pada AAS (mg 1000 ml⁻¹);

V = volume larutan abu;

FP = Faktor Pengenceran;

W = berat sampel (g).

Larutan blanko di buat berdasarkan metode pengabuan basah (Reitz *et al.* 1960) tanpa penambahan sampel. Berdasarkan pada prosedur pengabuan basah, larutan *blank* disiapkan tanpa sampel (Reitz *et al.* 1960). Serapan mineral dihitung dengan mengalikan konsentrasi mineral dengan produksi kering pucuk per tanaman (Putra *et al.* 2015).

Rancangan Percobaan dan Analisis Data

Rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan tiga kerapatan tanaman yang berbeda, yaitu: 12 batang per petak, 20 batang per petak dan 30 batang per petak, masing-masing petak memiliki luas 3 m x 5 m (15 m²) yang setara dengan populasi tanaman masing-masing 8.000 batang per ha, 13.333 batang per ha dan 20.000 batang per ha. kemudian dikelompokkan pada tiga periode defoliiasi dan diulang sebanyak tiga kali. Parameter yang diamati dalam penelitian ini adalah kandungan dan serapan mineral makro Ca, P, Mg, K, Na, dan mineral mikro: Mn, Zn, Cu, Fe, Cr, rasio Ca:P, kinetika degradasi bahan kering dan mineral, degradasi efektif, serta kelarutan mineral Ca, P, Mg, Na, Cu, Fe, dan Zn. Data hasil penelitian dianalisis secara statistik menggunakan program SPSS 16.0 dan dilakukan uji *one-way Analysis of Variant* (ANOVA) yang diikuti dengan uji lanjutan *Duncan Test* dengan p<0,05 serta uji polinomial ortogonal apabila didapatkan perbedaan yang nyata antar perlakuan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kandungan Mineral Makro

Kerapatan tanam berpengaruh (p<0,05) terhadap kandungan Ca pucuk *I. zollingeriana* pada defoliiasi pertama dan kedua. Namun, kerapatan tanam tidak berpengaruh terhadap kandungan Ca pucuk pada defoliiasi ketiga (Tabel 1).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pucuk *I. zollingeriana* memiliki kandungan Ca berkisar 0,35%-0,85% BK. Penurunan kandungan Ca seiring dengan peningkatan kerapatan tanam per luas lahan pada defoliiasi pertama terjadi secara linier. Sedangkan penurunan kandungan Ca pada panen kedua terjadi secara kuadratik. Kandungan Ca tertinggi didapatkan pada tanaman dengan kerapatan rendah, yaitu 8.000 tanaman per ha dengan kandungan Ca berkisar

Tabel 1 Kandungan mineral makro (% BK) pucuk *I. zollingeriana* dari tanaman dengan kerapatan tanam berbeda

Mineral (% BK)	Populasi tanaman per ha			Polinomial Ortogonal
	8.000	13.333	20.000	
Defoliiasi pertama				
Kalsium (Ca)	0,81 ± 0,04 ^a	0,74 ± 0,04 ^a	0,57 ± 0,02 ^b	Linier
Fosfor (P)	0,25 ± 0,04 ^b	0,33 ± 0,05 ^a	0,33 ± 0,01 ^a	Kuadratik
Kalium (K)	0,39 ± 0,06	0,46 ± 0,06	0,45 ± 0,06	tn
Natrium (Na)	0,15 ± 0,02 ^{ab}	0,19 ± 0,02 ^a	0,13 ± 0,01 ^b	Kuadratik
Magnesium (Mg)	0,47 ± 0,04	0,46 ± 0,05	0,44 ± 0,03	tn
Defoliiasi kedua				
Kalsium (Ca)	0,70 ± 0,04 ^a	0,51 ± 0,02 ^b	0,54 ± 0,04 ^b	Kuadratik
Fosfor (P)	0,24 ± 0,04 ^b	0,31 ± 0,03 ^a	0,34 ± 0,01 ^a	Linier
Kalium (K)	0,37 ± 0,06	0,34 ± 0,04	0,33 ± 0,04	tn
Natrium (Na)	0,14 ± 0,03	0,12 ± 0,01	0,10 ± 0,01	tn
Magnesium (Mg)	0,49 ± 0,01	0,41 ± 0,05	0,42 ± 0,03	tn
Defoliiasi ketiga				
Kalsium (Ca)	0,49 ± 0,04	0,43 ± 0,04	0,39 ± 0,04	tn
Fosfor (P)	0,25 ± 0,04 ^b	0,31 ± 0,03 ^{ab}	0,34 ± 0,01 ^a	Linier
Kalium (K)	0,24 ± 0,03	0,25 ± 0,04	0,25 ± 0,04	tn
Natrium (Na)	0,11 ± 0,01	0,11 ± 0,01	0,11 ± 0,02	tn
Magnesium (Mg)	0,48 ± 0,01	0,45 ± 0,02	0,42 ± 0,05	tn

Superskrip yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan beda nyata ($p < 0,05$). BK: bahan kering; tn: tidak nyata

0,81%±0,04% BK diikuti berturut-turut oleh kerapatan 13.333 dan 20.000 tanaman per ha. Hal ini dapat disebabkan karena meningkatnya persaingan dalam penyerapan Ca di dalam tanah pada kerapatan yang lebih tinggi dan perbedaan lingkungan di sekitar tanaman, seperti pemadatan tanah, bahan organik, dan ketersediaan Ca yang dapat di pertukarkan dalam tanah. Kandungan Ca pada setiap periode defoliiasi fluktuatif karena perbedaan musim dan curah hujan saat pemanenan. Tanaman pada kerapatan rendah lebih cepat memasuki fase generatif dibandingkan dengan tanaman kerapatan tinggi. Pada kerapatan rendah hingga sedang, tanah menjadi subur dan tekstur tanah dapat mendukung proses penyerapan Ca dibandingkan dengan kerapatan tinggi akibat peningkatan kerapatan akar (Shao *et al.* 2017). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pucuk *I. zollingeriana* memiliki kandungan Ca berkisar 0,35%-0,85% BK. Kandungan Ca yang diperoleh dalam penelitian ini sejalan dengan Suharlina (2010) bahwa kandungan Ca *I. zollingeriana* berkisar 0,52% sampai 0,73%. Namun hasil ini lebih rendah dari Abdullah (2010) bahwa kandungan Ca pada *I. zollingeriana* dengan pupuk cair berkisar 1,78-2,04%. Perbedaan kandungan kalsium tersebut dapat disebabkan perbedaan musim saat panen dan pemupukan. Kandungan Ca yang didapatkan sudah memenuhi kebutuhan unsur Ca bagi tanaman yaitu 0,5% (Salisbury & Ross 1992). Selain itu, kandungan Ca pada penelitian ini juga sudah cukup untuk memenuhi kebutuhan sapi perah yaitu 0,53%-0,67% (NRC 2001).

Kandungan P pucuk *I. zollingeriana* dipengaruhi ($p < 0,05$) oleh kerapatan tanam dengan kandungan berkisar 0,21%-0,35% BK. Peningkatan kandungan P terjadi seiring dengan peningkatan kerapatan tanam. Kandungan P meningkat secara kuadratik pada defoliiasi pertama, tetapi peningkatan secara linier terjadi pada defoliiasi kedua dan ketiga. Kandungan P tertinggi pada semua periode defoliiasi diperoleh dari tanaman dengan kerapatan 20.000 tanaman per ha dengan P berkisar 0,34%±0,01% BK diikuti berturut-turut oleh kerapatan 13.333 dan 8.000 tanaman per ha. Kandungan P pada masing-masing defoliiasi berfluktuasi karena perbedaan musim dan curah hujan saat pemanenan. Kerapatan tanam yang tinggi berpengaruh terhadap tingginya kompetisi antar tanaman yang menyebabkan tanaman menjadi tercekam. Kondisi ini menyebabkan tanaman menjadi tercekam dan membutuhkan energi tinggi untuk dapat melakukan metabolisme secara normal, sehingga daya serap P menjadi lebih tinggi pula. Kondisi demikian dapat merangsang tanaman untuk meningkatkan luas permukaan akar dengan menginisiasi dan memanjangkan rambut akar, perubahan tersebut dapat meningkatkan alokasi sukrosa yang dapat merangsang mikroorganisme untuk tumbuh dan berkembang di sekitar akar tanaman (Hammond & White 2008). Mikroorganisme tanah memainkan peran penting dalam penyediaan P untuk tanaman dengan sekresi enzim fosfatase dan mineralisasi P dari bahan organik (Oberson *et al.* 2001). Pengaturan kerapatan tanam juga dapat mempengaruhi struktur dan fungsi mikroba tanah dengan perubahan lingkungan mikro (kelembaban dan suhu), masuknya substrat (serasah atau akar) yang selanjutnya dapat mempengaruhi ketersediaan P dalam tanah (Hu *et al.* 2016). Pada kerapatan sedang hingga tinggi jumlah P yang tersedia lebih tinggi meskipun kandungan P total tanah lebih tinggi pada kerapatan rendah (Farooq *et al.* 2019). Peningkatan pH tanah terjadi seiring dengan peningkatan kerapatan tanam, dimana pada kerapatan yang rendah serasah daun terurai dengan cepat serta menghasilkan zat asam dalam jumlah banyak sehingga ketersediaan P menjadi rendah (Wang *et al.* 2014). Namun hasil pada penelitian ini berbeda dengan Lie *et al.* (2017) yang menyatakan bahwa pada penanaman pohon dengan kerapatan atau populasi rendah mampu menjaga jumlah fosfor total dan tersedia. Kim *et al.* (2018) juga melaporkan bahwa peningkatan akumulasi biomassa mikroba terjadi dalam tanah pada tanaman dengan populasi rendah. Kandungan P yang didapatkan pada penelitian ini sejalan dengan Banurea (2017) bahwa kandungan P pucuk *I. zollingeriana* adalah 0,22%-0,34%, lebih tinggi dari Suharlina (2010) bahwa kandungan P *I. zollingeriana* 0,11%-0,15% dan lebih rendah dari Abdullah (2010) yang menyatakan bahwa kandungan P *I. zollingeriana* dengan pemberian pupuk cair berkisar antara 0,34%-0,46%. Perbedaan ini dapat dipengaruhi

oleh pemupukan, pH tanah dan kandungan P terlarut dalam tanah (Jumba *et al.* 1995). Kandungan P yang berbeda juga dipengaruhi oleh interaksi mikroba-tanah-tanaman yang kompleks (Chen *et al.* 2008). Unsur P yang dibutuhkan oleh tanaman untuk proses metabolisme normal yaitu 0,2% (Salisbury & Ross 1992). Selain itu, kandungan P pada penelitian ini sudah mencukupi kebutuhan sapi perah yaitu 0,22%-0,32% (NRC 2001).

Kerapatan tanam tidak berpengaruh terhadap kandungan K dan Mg pucuk *I. zollingeriana*. Kandungan K dan Mg berturut-turut berkisar 0,21%-0,52% dan 0,36%-0,51% BK. Hal ini sejalan dengan penelitian Mahlangu *et al.* (2019) yang menyatakan bahwa tanaman dengan kerapatan tanam 62.500 dan 93.750 tanaman per ha dengan berbagai pemupukan N menunjukkan kandungan K yang relatif stabil pada daun. Duan *et al.* (2019) juga menyatakan bahwa kandungan K total dan K yang tersedia dalam tanah menunjukkan pola peningkatan yang tidak konsisten pada kerapatan tanam berbeda. Hasil ini berbeda dengan penelitian Farooq *et al.* (2019) yang menyatakan bahwa kerapatan tanam yang rendah dapat meningkatkan Mg total dalam tanah. Kandungan K dan Mg yang diperoleh dalam penelitian ini lebih rendah dari Abdullah (2010) bahwa *I. zollingeriana* memiliki kandungan K 1,42% dan Mg berkisar 0,46%-0,51%. Kandungan K yang diperoleh pada penelitian ini masih belum mencukupi kebutuhan unsur K bagi tanaman yaitu 1%, namun kandungan Mg yang didapatkan sudah mencukupi kebutuhan esensial tanaman yaitu 0,2% (Salisbury & Ross 1992). Selain itu juga masih lebih rendah dari kebutuhan sapi perah yaitu K 0,51%-0,62% (NRC 2001), tetapi sudah dapat mencukupi kebutuhan Mg sapi perah yaitu 0,18%-0,21% (NRC 2001).

Kandungan Na pucuk *I. zollingeriana* berkisar 0,09%-0,21% BK dipengaruhi secara signifikan ($p < 0,05$) oleh kerapatan tanam (Tabel 1). Penurunan kandungan Na terjadi secara kuadrat. Kerapatan optimum menghasilkan Na yang tinggi pada pucuk *I. zollingeriana* yaitu pada kerapatan 13.333 tanaman per ha ($0,19 \pm 0,02$) diikuti berturut-turut oleh kerapatan 8.000 ($0,15 \pm 0,02$) dan 20.000 tanaman per ha ($0,13 \pm 0,01$). Penurunan Na terjadi saat populasi tanaman ditingkatkan karena adanya kompetisi penyerapan Na dalam tanah, dan kondisi lingkungan mikro sekitar tanaman. Na diserap oleh tanaman melalui proses tukar kation, dimana pada kerapatan rendah hingga sedang, kondisi tanah menjadi lebih subur dengan tekstur tanah yang dapat mendukung proses penyerapan Na dibandingkan pada kerapatan tinggi karena adanya pemadatan tanah serta penurunan jumlah bahan organik sebagaimana dijelaskan oleh (Shao *et al.* 2017 dan Duan *et al.* 2019). Na yang didapatkan pada penelitian ini sejalan dengan Whitehead (2000) yang menyatakan bahwa kandungan Na pada leguminosa berkisar 0,01%-0,28%. Namun masih lebih

tinggi dari Hijanty (2015) yang menyatakan bahwa kandungan Na *I. zollingeriana* yang dipanen pada umur 60 hari adalah 0,03%. Perbedaan ini dapat terjadi akibat pemupukan, serta musim pemanenan. Walaupun demikian, kandungan Na pada penelitian ini sudah mencukupi kebutuhan sapi perah yaitu 0,10%-0,14% (NRC 2001).

Kandungan Mineral Mikro

Mineral mikro, meskipun hanya dibutuhkan dalam jumlah kecil, namun sangat dibutuhkan oleh tanaman dalam melakukan proses metabolisme secara normal. Kerapatan tanam memberikan pengaruh yang bervariasi terhadap kandungan mineral mikro pucuk *I. zollingeriana*. Kandungan mineral mikro *I. zollingeriana* yang ditanam pada kerapatan berbeda ditunjukkan pada Tabel 2.

Kandungan Mn, Zn, dan Fe pucuk *I. zollingeriana* tidak dipengaruhi oleh kerapatan tanam (Tabel 2). Hal ini menunjukkan bahwa Mn, Zn, dan Fe yang tersedia pada tanah dengan berbagai tingkat kerapatan tanam relatif stabil dan kompetisi dalam penyerapan elemen tersebut tidak terlalu tinggi. Kandungan Mn, Zn, dan Fe masing-masing berkisar 271,68-417,13 mg kg⁻¹, 9,63-18,77 mg kg⁻¹, dan 55,75-140,95 mg kg⁻¹ BK. Kandungan Mn yang diperoleh dalam penelitian ini lebih tinggi dari Clara (2015) yang menyatakan bahwa kandungan Mn *I. zollingeriana* rata-rata 126,94 mg kg⁻¹. Khan *et al.* (2015) yang mengungkapkan bahwa legum mengandung Mn rata-rata 168 mg kg⁻¹. Kandungan Zn yang diperoleh masih dalam kisaran kandungan Zn yang dilaporkan oleh Clara (2015) bahwa *I. zollingeriana* mengandung Zn berkisar 8,83-21,23 mg kg⁻¹. Namun ini masih lebih rendah dari Zn dan Fe legum yang diteliti oleh Warly *et al.* (2010) 31,1 mg kg⁻¹ dan 287,1 mg kg⁻¹, Khan *et al.* (2015) 37 mg kg⁻¹ dan 485-534 mg kg⁻¹, berturut-turut. Perbedaan ini disebabkan oleh perbedaan jenis tanaman, musim atau iklim saat panen dan kondisi tanah. Kandungan Mn dan Fe sudah memenuhi kebutuhan esensial tanaman, yaitu 50 mg kg⁻¹ dan 100 mg kg⁻¹ (Salisbury & Ross 1992). Selain itu juga sudah memenuhi kebutuhan ternak ruminansia, yaitu Mn 16-24 mg kg⁻¹ dan Fe 13-18 mg kg⁻¹, dengan level toksisitas 1000 mg kg⁻¹ dan 500 mg kg⁻¹, berturut-turut (NRC 2001). Kandungan Zn pada tanaman dengan 3 kerapatan berbeda menghasilkan Zn yang masih rendah dibawah kebutuhan esensial tanaman yaitu 20 mg kg⁻¹ (Salisbury dan Ross 1992). Selain itu, kandungan Zn pada penelitian ini juga belum dapat memenuhi kebutuhan ternak perah yaitu 21-30 mg kg⁻¹ dengan level toksisitas 750 mg kg⁻¹ (NRC 2001). Kerapatan tanam berpengaruh ($p < 0,05$) terhadap kandungan Cu dan Cr pucuk *I. zollingeriana* (Tabel 2). Peningkatan kerapatan tanam menyebabkan peningkatan kandungan Cu secara kuadrat di semua defoliiasi, sedangkan peningkatan kandungan Cr secara

Table 2 Kandungan mineral mikro (mg kg⁻¹ BK) pucuk *I. zollingeriana* dari tanaman dengan kerapatan tanam berbeda

Mineral (mg/kg BK)	Populasi tanaman per ha			Polinomial Ortogonal
	8.000	13.333	20.000	
Defoliiasi pertama				
Mangan (Mn)	395,88 ± 21,25	352,05 ± 51,51	395,70 ± 13,81	tn
Zink (Zn)	16,97 ± 1,30	17,25 ± 1,52	15,78 ± 0,47	tn
Tembaga (Cu)	22,52 ± 0,86 ^b	29,31 ± 1,77 ^a	28,96 ± 1,10 ^a	Kuadratik
Besi (Fe)	129,36 ± 11,59	124,61 ± 15,64	108,38 ± 6,67	tn
Chromium (Cr)	14,28 ± 0,27 ^c	21,91 ± 0,80 ^b	27,75 ± 0,62 ^a	Kuadratik
Defoliiasi kedua				
Mangan (Mn)	358,87 ± 60,41	318,14 ± 22,41	350,53 ± 30,24	tn
Zink (Zn)	14,68 ± 1,59	10,95 ± 1,32	11,79 ± 0,35	tn
Tembaga (Cu)	20,77 ± 1,26 ^a	14,69 ± 1,25 ^b	18,81 ± 0,68 ^a	Kuadratik
Besi (Fe)	103,46 ± 12,55	68,61 ± 12,86	75,99 ± 13,32	tn
Chromium (Cr)	14,45 ± 0,83 ^c	21,21 ± 1,55 ^b	26,87 ± 0,40 ^a	Linier
Defoliiasi ketiga				
Mangan (Mn)	315,72 ± 44,04	302,07 ± 4,95	355,49 ± 5,58	tn
Zink (Zn)	10,68 ± 0,88	11,36 ± 0,12	11,95 ± 0,67	tn
Tembaga (Cu)	8,09 ± 0,84 ^b	15,12 ± 0,97 ^a	16,16 ± 1,01 ^a	Kuadratik
Besi (Fe)	95,54 ± 11,51	107,27 ± 8,39	79,75 ± 8,05	tn
Chromium (Cr)	14,45 ± 0,67 ^c	22,21 ± 0,64 ^b	27,20 ± 0,68 ^a	Kuadratik

Superskrip yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan beda nyata ($p < 0,05$). BK: bahan kering; tn: tidak nyata

kuadratik terjadi pada defoliiasi kedua. Kandungan Cu pucuk *I. zollingeriana* berkisar 7,25-31,08 mg kg⁻¹ BK dan kandungan Cr berkisar 13,62-28,37 mg kg⁻¹ BK. Pada defoliiasi pertama, Cu tertinggi didapatkan pada tanaman dengan kerapatan 13333 (29,31±1,77) dan 20000 tanaman per ha (28,96±1,10) diikuti oleh kerapatan 8000 tanaman per ha (22,52±0,86) mg kg⁻¹ BK. Pada defoliiasi kedua, Cu tertinggi didapatkan dari tanaman dengan kerapatan 8.000 (20,77±1,26) dan 20.000 tanaman/ha (18,81±0,68) diikuti oleh kerapatan 13.333 tanaman per ha (14,69±1,25) mg kg⁻¹ BK. Pada defoliiasi ketiga, Cu tertinggi didapatkan pada tanaman dengan kerapatan 20.000 (16,16±1,01) dan 13.333 tanaman per ha (15,12±0,97) diikuti oleh kerapatan 8.000 tanaman per ha (8,09±0,84) mg kg⁻¹ BK. Peningkatan kandungan Cu terjadi seiring dengan peningkatan populasi tanaman. Hal ini dapat terjadi akibat perubahan pH tanah. Populasi tanaman yang tinggi dapat menurunkan pH tanah dibandingkan pada kerapatan rendah (Guerero *et al.* 2012). Pada pH yang semakin tinggi penyerapan Cu semakin menurun (Whitehead 2000) sehingga pada populasi tanaman yang tinggi dapat menghasilkan Cu yang tinggi pada jaringan tanaman akibat penurunan pH tanah. Kandungan Cu yang didapatkan dalam kisaran yang sama dengan hasil penelitian Cu pada beberapa leguminosa oleh Hassen *et al.* (2007) 9-15,30 mg kg⁻¹, Warly *et al.* (2010) 10,4 mg kg⁻¹, dan Fariani (2008) 8,60 - 16,60 mg kg⁻¹. Kandungan Cu pada penelitian ini sudah memenuhi kebutuhan esensial tanaman yaitu 6 mg kg⁻¹ (Salisbury & Ross 1992) dan memenuhi kebutuhan ternak ruminansia yaitu 12-18 mg kg⁻¹ dengan level toksisitas 25 mg kg⁻¹ (NRC 2001). Whitehead (2000) juga mengatakan bahwa hijauan yang mengandung Cu 11.8 ppm sudah cukup untuk memenuhi kebutuhan ternak. Kandungan Cr tertinggi diperoleh dari tanaman dengan

kerapatan 20.000 tanaman per ha (27,75±0,62; 26,87±0,40; 27,20±0,68), diikuti oleh kerapatan 13333 tanaman per ha (21,91±0,80; 21,21±1,55; 22,21±0,64) dan 8.000 tanaman per ha (14,28±0,27; 14,45±0,83; 14,45±0,67) mg kg⁻¹ BK pada defoliiasi pertama, kedua, dan ketiga secara berturut-turut. Namun mekanisme yang terjadi pada kandungan Cr pada tanaman masih belum banyak ditemukan. Kandungan krom leguminosa umumnya tinggi. Kandungan Cr yang didapatkan pada penelitian ini masih aman dalam ransum ternak dengan level toksisitas 50 mg kg⁻¹ bahan kering (Mengel & Kirkby 1987).

Serapan Mineral Makro

Serapan mineral Ca, dan Mg pada pucuk *I. zollingeriana* terdapat perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$) akibat perbedaan kerapatan tanam (Tabel 3). Perbedaan ini didapatkan pada defoliiasi ketiga, namun serapan Ca dan Mg tidak berbeda nyata pada defoliiasi pertama dan kedua. Serapan Ca tertinggi didapatkan oleh tanaman dengan kerapatan 8.000 tanaman per ha (3,74±0,54) diikuti oleh kerapatan 20.000 tanaman per ha (2,33±0,38) dan 13.333 tanaman per ha (2,56±0,33) kg ha⁻¹. Serapan Mg tertinggi diperoleh dari tanaman dengan kerapatan 8.000 tanaman per ha (3,69±0,24) diikuti oleh kerapatan 13.333 tanaman per ha (2,66±0,30) dan 20.000 tanaman per ha (2,54±0,40) kg ha⁻¹. Peningkatan kerapatan tanam mengakibatkan penurunan serapan Ca dan Mg pucuk *I. zollingeriana* secara linier. Namun, serapan P, K dan Na tidak dipengaruhi oleh kerapatan tanam.

Serapan mineral Ca, dan Mg pada *I. zollingeriana* yang ditanam pada kerapatan berbeda semakin menurun

Tabel 3 Serapan mineral makro (kg ha⁻¹) pucuk *I. zollingeriana* dari tanaman dengan kerapatan tanam berbeda

Serapan mineral (kg/ha)	Populasi tanaman per ha			Polinomial Ortogonal
	8.000	13.333	20.000	
Defoliiasi pertama				
Kalsium (Ca)	9,08 ± 3,63	7,49 ± 1,46	5,43 ± 0,16	tn
Fosfor (P)	2,68 ± 0,98	3,37 ± 0,84	3,21 ± 0,11	tn
Kalium (K)	1,65 ± 0,56	1,87 ± 0,32	1,27 ± 0,09	tn
Natrium (Na)	4,30 ± 1,65	4,60 ± 0,77	4,30 ± 0,38	tn
Magnesium (Mg)	5,26 ± 2,22	4,64 ± 1,07	4,25 ± 0,08	tn
Defoliiasi kedua				
Kalsium (Ca)	6,95 ± 3,75	4,05 ± 0,22	4,56 ± 0,84	tn
Fosfor (P)	2,31 ± 1,20	2,50 ± 0,32	2,86 ± 0,41	tn
Kalium (K)	1,38 ± 0,65	0,98 ± 0,19	0,83 ± 0,16	tn
Natrium (Na)	3,65 ± 2,02	2,74 ± 0,47	2,76 ± 0,58	tn
Magnesium (Mg)	4,78 ± 2,33	3,26 ± 0,59	3,53 ± 0,60	tn
Defoliiasi ketiga				
Kalsium (Ca)	3,74 ± 0,54 ^a	2,56 ± 0,33 ^b	2,33 ± 0,38 ^b	Linier
Fosfor (P)	1,91 ± 0,21	1,83 ± 0,36	2,02 ± 0,11	tn
Kalium (K)	0,83 ± 0,02	0,66 ± 0,12	0,65 ± 0,14	tn
Natrium (Na)	1,85 ± 0,18	1,43 ± 0,09	1,51 ± 0,34	tn
Magnesium (Mg)	3,69 ± 0,24 ^a	2,66 ± 0,30 ^b	2,54 ± 0,40 ^b	Linier

Superskrip yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan beda nyata (p<0,05)

seiring dengan meningkatnya populasi tanaman. Hal ini mengindikasikan bahwa terjadi persaingan antar tanaman dalam menyerap unsur hara Ca, dan Mg. Sejalan dengan Duan *et al.* (2019) yang menyatakan bahwa pada penanaman pohon kayu dengan kerapatan tinggi dapat meningkatkan pemadatan tanah yang selanjutnya dapat menurunkan permeabilitas tanah serta pertumbuhan dan suplai nutrisi pada sistem perakaran. Duan *et al.* (2019) juga menyatakan bahwa penanaman pohon dengan kerapatan rendah dapat meningkatkan ketersediaan Ca yang dapat dipertukarkan dalam tanah untuk meningkatkan serapan oleh tanaman. Selain itu, hasil ini juga sejalan dengan Farooq *et al.* (2019) yang menyatakan bahwa kerapatan tanam yang rendah dapat meningkatkan total Mg dalam tanah dan meningkatkan serapan Mg oleh tanaman. Rendahnya K yang mampu diserap oleh tanaman dapat disebabkan karena K mempunyai ikatan yang lemah pada saat proses tukar kation sehingga mudah digantikan oleh kation Ca dan Mg. Pencucian saat curah hujan tinggi dan penguapan unsur K dalam tanah saat kekeringan juga sering menjadi penyebab tanaman kekurangan unsur K.

Serapan Mineral Mikro

Kerapatan tanam berpengaruh (p<0,05) terhadap serapan Mn, Cu, Fe dan Cr pucuk *I. zollingeriana* pada defoliiasi ketiga (Tabel 4). Namun tidak ditemukan perbedaan pada defoliiasi pertama dan kedua. Disisi lain, serapan Zn dari semua defoliiasi tidak dipengaruhi oleh kerapatan tanam. Peningkatan kerapatan tanam mengakibatkan penurunan serapan Mn dan Fe masing-masing secara kuadratik dan linier. Serapan Mn dan Fe tertinggi didapatkan dari tanaman dengan kerapatan 8.000 tanaman per ha (241,52±29,88; 73,02±6,40) diikuti oleh kerapatan 13.333 tanaman per ha (178,32±18,46; 63,32±8,04) dan 20.000 tanaman per ha (214,46±16,44; 48,11±6,08) mg ha⁻¹, berturut-turut pada defoliiasi ketiga. Sedangkan peningkatan kerapatan

tanam mengakibatkan peningkatan serapan Cu dan Cr secara linier. Serapan Cu dan Cr tertinggi diperoleh dari tanaman dengan kerapatan 20.000 tanaman per ha (9,77±1,23; 16,44±1,47) diikuti oleh kerapatan 13.333 tanaman per ha (8,94±1,22; 13,10±1,31) dan 8.000 tanaman per ha (6,23±1,02; 11,11±1,30) mg ha⁻¹. Serapan mineral mikro dari tanah oleh akar tanaman terjadi melalui transpor pasif yang terdiri dari aliran massa air, difusi, dan absorpsi oleh komponen sel akar. Jumlah serapan mineral dipengaruhi oleh konsentrasi hara tanah yang berada di dekat permukaan akar dan sebagian oleh perpindahan ion di sekitar permukaan tanah (Whitehead 2000). Selain itu, serapan mineral Cu dan Cr juga sangat dipengaruhi oleh pH tanah. Penurunan pH terjadi seiring dengan menurunnya populasi tanaman. Pada pH yang semakin rendah penyerapan Cu semakin menurun (Whitehead 2000) sehingga pada populasi tanaman yang tinggi dapat menghasilkan Cu yang tinggi pada jaringan tanaman akibat peningkatan pH tanah. Namun, mekanisme penyerapan Cr oleh tanaman masih belum banyak ditemukan.

Rasio Ca:P

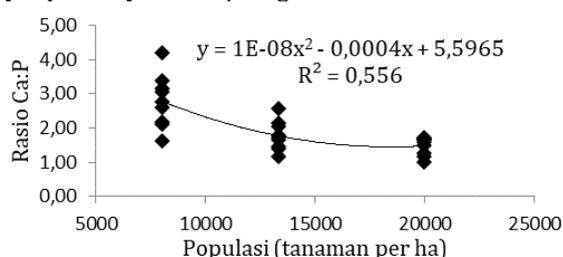
Kerapatan tanam mempengaruhi (p<0,05) rasio Ca:P pucuk *I. zollingeriana* dengan nilai berkisar 1,02–4,19. Peningkatan kerapatan tanam mengakibatkan penurunan rasio Ca:P mengikuti persamaan kuadratik (Gambar 1), yaitu $y = 0,00000001x^2 - 0,0004x + 5,5965$ ($R^2 = 0,556$). Koefisien regresi yang cukup tinggi juga menunjukkan bahwa kandungan rapat cukup berpengaruh terhadap rasio Ca:P pucuk *I. zollingeriana*. Rasio mineral merupakan parameter yang sangat penting dalam menentukan ketersediaan mineral dalam pucuk *I. zollingeriana*. Hal ini sangat erat kaitannya dengan sifat antagonisme dan sinergisme antar mineral. Kalsium dan fosfor berperan penting dalam pertumbuhan dan perkembangan ternak. Oleh karena

Tabel 4 Serapan mineral mikro (mg ha⁻¹) pucuk *I.zollingerana* dari tanaman dengan kerapatan tanam berbeda

Serapan mineral (mg ha ⁻¹)	Populasi tanaman per ha			Polinomial Ortogonal
	8.000	13.333	20.000	
Defoliasi pertama				
Mangan (Mn)	436,48 ± 159,31	362,89 ± 129,50	380,00 ± 18,38	tn
Zink (Zn)	18,79 ± 7,11	17,28 ± 2,41	15,16 ± 0,93	tn
Tembaga (Cu)	24,82 ± 9,07	29,48 ± 4,83	27,81 ± 1,12	tn
Besi (Fe)	145,56 ± 61,34	124,18 ± 12,38	104,15 ± 8,52	tn
Chromium (Cr)	15,85 ± 6,21 ^b	22,16 ± 4,51 ^{ab}	26,66 ± 1,24 ^a	Linier
Defoliasi kedua				
Mangan (Mn)	349,16 ± 182,39	255,00 ± 38,11	296,17 ± 59,18	tn
Zink (Zn)	14,25 ± 7,14	8,79 ± 1,64	9,91 ± 1,44	tn
Tembaga (Cu)	20,35 ± 10,61	11,78 ± 1,89	15,81 ± 2,30	tn
Besi (Fe)	99,76 ± 47,82	55,24 ± 14,03	62,90 ± 4,22	tn
Chromium (Cr)	14,23 ± 7,66	16,87 ± 0,39	22,54 ± 2,75	tn
Defoliasi ketiga				
Mangan (Mn)	241,52 ± 29,88 ^a	178,32 ± 18,46 ^b	214,46 ± 16,44 ^{ab}	Kuadrat
Zink (Zn)	8,18 ± 0,71	6,71 ± 0,77	7,22 ± 0,79	tn
Tembaga (Cu)	6,23 ± 1,02 ^b	8,94 ± 1,22 ^{ab}	9,77 ± 1,23 ^a	Linier
Besi (Fe)	73,02 ± 6,40 ^a	63,32 ± 8,04 ^{ab}	48,11 ± 6,08 ^b	Linier
Chromium (Cr)	11,11 ± 1,30 ^b	13,10 ± 1,31 ^b	16,42 ± 1,47 ^a	Linier

Angka yang diikuti dengan superskrip pada baris yang sama menunjukkan beda nyata ($p < 0,05$). BK: bahan kering; tn: tidak nyata

itu, kedua mineral ini perlu di analisis karena harus diberikan secara seimbang untuk meningkatkan ketersediaan dan penggunaan oleh ternak (Albu *et al.* 2012). Rasio Ca:P harus dijaga dalam rentang 1:1 sampai 2:1 (Miller *et al.* 1995). Sedangkan rasio yang melebihi 2 dapat menimbulkan gangguan kesehatan pada ternak (Ayan *et al.* 2010). Semakin tinggi kerapatan maka rasio Ca:P semakin rendah. Hal ini karena semakin tinggi kerapatan tanam maka P yang diserap tanaman menjadi tinggi, sedangkan kandungan Ca semakin rendah sehingga rasio Ca:P menjadi rendah. Rasio Ca:P optimal diperoleh dari tanaman dengan 13.333 tanaman per ha dibandingkan dengan kerapatan lainnya. Namun, rasio yang didapatkan masih dalam rentang rasio normal yang dibutuhkan oleh ternak sehingga tidak terjadi gangguan masing masing mineral untuk penyerapan. Pada penelitian ini, tanah mengandung Ca⁺⁺, PO₄, Na⁺, Mg⁺⁺, dan K⁺ (PPT 1995) dalam konsentrasi rendah hingga sedang yang mengindikasikan tanaman akan lebih berkompetisi dalam menyerap kation dan mineral lain dan penyimpanannya dalam jaringan tanaman.

**Gambar 1** Rasio Ca: P pucuk *I. zollingeriana* dengan kerapatan tanam berbeda

SIMPULAN

Kerapatan tanam yang rendah (populasi 8.000 tanaman per ha) dapat menghasilkan mineral Ca, Mg, Mn dan Fe yang tinggi namun dapat menurunkan mineral Cu dan Cr oleh tanaman dibandingkan pada populasi 13.333 tanaman per ha dan 20.000 tanaman per ha. Penanaman *I. zollingeriana* perlu dilakukan dengan populasi 8000 tanaman per ha agar optimal dalam menghasilkan mineral hijauan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Riset dan Pengabdian kepada Masyarakat, Bidang Penguatan dan Pengembangan Riset, Kementerian Riset, Teknologi/Badan Riset Nasional dan Inovasi Republik Indonesia melalui program PMDSU

DAFTAR PUSTAKA

- [Association of Official Agriculture Chemists]. 2002. *Official Methods of Analysis of AOAC international*. 17th ed. Maryland (USA) : AOAC international
- [National Research Council]. 2001. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 7th rev. ed. Washington DC (USA): National Academy Press.
- [Soil Research Center]. 1995. *Technical Guidelines for Evaluating Soil Fertility*. Technical reports No. 14 Versi 1,0.1. REP II Project. Bogor (ID): CSAR.
- Abdullah L. 2010. Herbage production and quality of shrub *Indigofera* treated by different concentrations of foliar fertilizer. *Media Peternakan*. 33:169-175.

- Abdullah L & Suharlina. 2010. Herbage yield and quality of two vegetative parts of *Indigofera* at different times of first regrowth defoliation. *Media Peternakan*. 33: 44-49.
- Albu A, Pop IM & Radu-rusu C. 2012. Calcium (Ca) and Phosphorus (P) concentration in dairy cow feeds. *Seria Zootehnie*. 57: 70-74.
- Ayan I, Mut H, Onal-Asci O, Basaran U & Acar Z. 2010. Effect of manure application on the chemical composition of rangeland hay. *Journal of Animal and Veterinary Advance*. 9: 1852-1857.
- Banurea DP, Abdullah L & Kumalasari NR. 2017. Evaluation of *Indigofera zollingeriana* biomass production and crown characteristics at different spacing. *Bulletin Makanan Ternak*. 104:1-11.
- Chen CR, Condron LM & Xu ZH. 2008. Impacts of grassland afforestation with coniferous trees on soil phosphorus dynamics and associated microbial processes: A review. *Forest Ecology and Management*. 255: 396-409.
- Clara C. 2015. The micromineral content of *I. zollingeriana* leaves with different harvest times. [skripsi]. Bogor (ID): Faculty of Animal Science, Bogor Agricultural University.
- Duan AG, Lei J, Xiaoyan H, Jianguo Z, Hailun D, Xiong QZ, Wenfu G & Jianjun S. 2019. Effect of planting density on soil bulk density, pH, and nutrients of unthinned Chinese fir mature stands in the south subtropical region of China. *Forests*. 10: 351.
- Durand M & Kawashima R. 1980. *Influence of Mineral in Rumen Microbial Digestion*. In: Y. Ruckebusch & P. Thivend (Eds.). Digestive physiology and metabolism in ruminants. MTP Ltd. Lancaster. 275-408.
- Farooq TH, Ma X, Rashid MHU, Wu W, Xu J, Tarin MWK, He Z & Wu P. 2019. Impact of stand density on soil quality in Chinese fir (*Cunninghamia lanceolata*) monoculture. *Applied Ecology and Environmental Research*. 17(2):3553-3566.
- Guerrero CM, Ramirez RG, Gonzalez RH, Cerrillo AS & Juarez RA. 2012. Mineral content in range forages from northern Mexico. *Journal of Applied Animal Research*. 40:102-107.
- Hammond JP & White PJ. 2008. Sucrose transport in the phloem: integrating root responses to phosphorus starvation. *Journal of Experimental Botany*. 59:93-109.
- Hassen A, Rethman NFG, Apostolides Z & Van-Niekerk WA. 2008. Forage production and potential nutritive value of 24 shrubby *Indigofera* accessions under field conditions in South Africa. *Tropical Grasslands*. 42: 96-103.
- Hassen A, Rethman NFG, Van-Nierkerk WA & Tjelele TJ. 2007. Influence of season/year and species on chemical composition and in vitro digestibility of five *Indigofera* accessions. *Journal of Animal Feed Science and Technology*. 136: 312-322.
- Herdiawan I & Krisnan R. 2014. Produktivitas dan pemanfaatan tanaman leguminosa pohon *Indigofera zollingeriana* pada lahan kering. *WARTAZOA*. 24 (2): 75-82.
- Hijjanty BR. 2015. Macro mineral content and uptake of *I. zollingeriana* leaves due to different harvesting times. [skripsi]. Bogor (ID): Faculty of Animal Science, Bogor Agricultural University.
- Hu B, Yang B, Pang X, Bao W & Tian G. 2016. Responses of soil phosphorus fractions to gap size in a reforested spruce forest. *Geoderma*. 279: 61-69.
- Jumba IO, Suttle NF, Hunter EA & Wandiga SO. 1995. Effect of soil origin and mineral composition and herbage species on the mineral composition of forages in the Mount Elgon region of Kenya: Calcium, phosphorus, magnesium, and sulphur. *Tropical Grasslands*. 29: 40-46.
- Khalil, Bachtiar A, Evitayani. 2019. Reproductive performance of female kacang goats supplemented by mineral under a tethering feeding system. *Tropical Animal Science Journal*. 42(3): 215-223.
- Khan KS, Joergensen RG. 2015. Response of white mustard (*Sinapis alba*) and the soil microbial biomass to P and Zn addition in a greenhouse pot experiment. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 178: 834-840.
- Kim S, Li G, Han SH, Kim HJ, Kim C, Lee ST & Son Y. 2018. Thinning affects microbial biomass without changing enzyme activity in the soil of *Pinus densiflora* Sieb. et Zucc. forests after 7 years. *Annals of Forest Science*. 75: 13 : 1-10.
- Kumalasari NR, Wicaksono GP & Abdullah L. 2017. Plant growth pattern, forage yield, and quality of *Indigofera zollingeriana* influenced by row spacing. *Media Peternakan* 40 (1):14-19.
- Kwak WS, Kim YI, Choi DY & Lee YH. 2016. Effect of feeding mixed microbial culture fortified with trace minerals on ruminal fermentation, nutrient digestibility, nitrogen and trace mineral balance in Sheep. *Journal of Animal Science and Technology*. 58 (21) : 1-8
- Lie ZY, Wang ZM & Xue L. 2017. Effect of density of *Tephrosia candida* stands on soil characteristics. *Legume Research*. 3: 551-555.
- Mahlangu RIS, Martin MM & Fhatuwani NM. 2019. Growth, yield and mineral content of basil and cultivated rocket due to plant density and nitrogen level. *International Journal of Vegetable Science*. 1931-5279.
- Mengel K & Kirkby EA. 1978. *Principles of Plant Nutrition International*. Switzerland (EU): Potash Institute, Bern.
- Miller DA & Reetz-JR HF. 1995. Forage fertilization. in: forages. vol 1. an introduction to grassland agriculture. Eds. Barnes RF, Miller DA, Nelson CJ/IOWA: Iowa State Univ press. 79-91.
- Muhtarudin & Liman. 2006. Determination of utilization level of organic mineral to improve rumen bioprocess of goat by In Vitro method. *Jurnal Ilmu-ilmu Pertanian Indonesia*. 8(2): 132 - 140.
- Oberson A, Friesen DK, Rao IM, Buhler S & Frossard E. 2001. Phosphorus transformations in an oxisol under contrasting land-use systems: The role of the soil microbial biomass. *Plant Soil*. 237: 197-210.
- Palupi R, Abdullah L, Astuti DA & Sumiati. 2014. Potential and utilization of *Indigofera* sp flour as a feed ingredient for soybean meal substitution in laying hens ration. *Jurnal Ilmu Ternak dan Veteriner*. 19 210-219.
- Reitz LL, Smith WH & Plumlee MP. 1960. *A Simple Wet Ashing for Biological Materials*. West Lafayette (US): Animal Science Department, Purdue University.
- Sales JNS, Pereira RVV, Bicalho RC & Baruselli PS. 2011. Effect of injectable copper, selenium, zinc, and manganese on the pregnancy rate of crossbred heifers (*Bos indicus* × *Bos taurus*) synchronized for timed embryo transfer. *Livestock Science*. 142: 59-62.
- Salisbury FB & Ross CW. 1995. *Plant Physiology* - Volume 3. Translation. Bandung (ID): ITB Publisher.
- Shao YN, Liu YK & Li YH. 2017. Soil nutrient characteristics in *Larix olgensis* plantation with different stand densities. *Journal of Central South University For Technology*. 37: 27-31.
- Suharlina, Astuti DA, Nahrowi, Jayanegara A & Abdullah L. 2016a. Nutritional evaluation of dairy goat rations containing *Indigofera zollingeriana* by using the invitro rumen fermentation technique (RUSITEC). *Journal of Dairy Science*. 11:100-105.
- Suharlina, Astuti DA, Nahrowi, Jayanegara A & Abdullah L. 2016b. In Vitro evaluation of concentrate feed containing *Indigofera zollingeriana* in goat. *Journal of The Indonesia Tropical Animal Agriculture*. 41(4): 196-203.
- Suharlina. 2010. Peningkatan produktivitas *Indigofera zollingeriana* sebagai pakan berkualitas tinggi melalui aplikasi pupuk organik cair. [Tesis]. Bogor (ID): Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Tarigan A, Ginting SP, Arief II, Astuti DA & Abdullah L. 2017. Physical quality and digestability in vitro determination of green pellet concentrate based on *Indigofera zollingeriana*. *Jurnal Ilmu Ternak dan Veteriner*. 22(3):114-123.
- Wang Y, Wang HY, Xu LI, Yang XJ & Liu L. 2014. Soil physical and chemical characteristics of different depths in semi-natural mixed larch-spruce-fir at different stand densities. *Pratacultural Science*. 8: 1424-1429.
- Warily L, Evitayani & Fariani A. 2010. Concentration of Micro minerals in fiber fraction of forages. *Word Academy of Science, Engineering and Technology*. 44: 1206-1212.
- Whitehead DC. 2000. *Nutrient Elements in Grassland: Soilplant-Animal Relationships*. UK: CABI, Publishing