

## **Pertumbuhan dan Penyerapan Nikel Oleh Tanaman Sawi (*Brassica juncea*) pada Tanah Tercemar Nikel**

### ***Growth and Nickel Absorption by Green Mustard (*Brassica juncea*) on Nickel-Contaminated Soil***

**Netty Syam**

Email korespondensi: [netty.said@umi.ac.id](mailto:netty.said@umi.ac.id)

Fakultas Pertanian Universitas Muslim Indonesia, Jl. Urip Sumoharjo km 05, Makassar 90231,  
Sulawesi Selatan, Indonesia

#### **ABSTRACT**

Limbah yang dihasilkan usaha penambangan nikel berpotensi menurunkan tingkat kesuburan tanah yang menyebabkan tanaman tidak dapat tumbuh normal dan berproduksi optimal. Bahkan, akibat tingginya kandungan Ni dalam tanah akan terserap ke dalam tanaman sehingga tidak dapat digunakan sebagai bahan pangan. Penelitian bertujuan untuk mengetahui pertumbuhan dan penyerapan nikel pada tanaman sawi melalui aplikasi kompos dan pupuk cair pada tanah tercemar nikel. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan perlakuan aplikasi pupuk cair (PC) dan kompos. Perlakuan terdiri atas (1) kontrol (Tanpa PC+Tanpa kompos); (2) Tanpa PC+ kompos 15 ton/ ha; (3) Tanpa PC + kompos 20 ton/ ha; (4) Tanpa PC+25 ton/ ha; (5) PC 10 ml/liter + Tanpa kompos; (6) PC 10 ml/liter + kompos 15 ton/ha; (7) PC 10 ml/liter + kompos 20 ton/ha; (8) PC 10 ml /liter + kompos 25 ton/ha, yang diulang 3 kali dan terdiri atas 3 tanaman pada setiap perlakuan. Data dianalisis menggunakan Anova dan uji lanjut dengan Uji BNJ 0,05. Hasil penelitian menunjukkan tanaman sawi pada tanah yang tercemar nikel, dapat tumbuh normal dan tanpa gejala keracunan. Pemberian pupuk cair 4 liter/ha dan kompos sebanyak 25 ton/ha menghasilkan jumlah daun dan bobot segar tanaman sawi yang lebih tinggi dan berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Tanaman sawi mampu menyerap dan mengakumulasi nikel pada akar dan daun berada pada kisaran 425-455 mg/kg bobot kering tanaman. Penggunaan tanaman sawi hijau dalam meremediasi lahan terkontaminasi logam berat khususnya nikel dapat menjadi alternatif dengan melakukan penambahan kompos dan pupuk cair untuk meningkatkan biomassa tanaman sawi. Akan tetapi tetap harus diawasi dengan baik dan tanaman yang dihasilkan tidak disarankan untuk dikonsumsi.

**Kata kunci:** sawi; kompos; fitoremediasi; pasca penambangan.

#### **ABSTRACT**

*The waste generated by the nickel mining business has the potential to reduce soil fertility, causing plants not to grow normally and produce optimally. In fact, due to the high Ni content in the soil, it will be absorbed by the plants so that it cannot be used as food. The study aimed to determine the growth and absorption of nickel in mustard greens by applying compost and liquid fertilizer to nickel-polluted soil. The study used a randomized block design (RAK) with liquid fertilizer (PC) and compost application. The treatment consisted of (1) control (no PC + no compost); (2) Without PC+ compost 15 tonnes/ha; (3) Without PC + compost 20 tonnes/ha; (4) Without PC+25 tons/ ha; (5) PC 10 ml/liter + No compost; (6) PC 10 ml/liter + compost 15 tons/ha; (7) PC 10 ml/liter + compost 20 tons/ha; (8) PC 10 ml/liter + compost 25 tons/ha, which was repeated 3 times and consisted of 3 plants in each treatment. Data were analyzed using ANOVA and further testing with BNJ Test 0.05. The results showed that mustard plants on nickel-contaminated soil could grow normally and without poisoning symptoms. The application of 4 liters/ha of liquid fertilizer and 25 tons/ha of compost produced a higher number of leaves and fresh weight of mustard plants and were significantly different from other treatments. Mustard plants can absorb and accumulate nickel in the roots and leaves in the range of 425-455 mg/kg plant dry weight. Using green mustard plants in remediating land contaminated with heavy metals, especially nickel, can be an alternative by adding compost and*

*liquid fertilizer to increase the biomass of mustard plants. However, it still has to be appropriately monitored, and the plants produced are not recommended for consumption.*

**Keywords:** *mustard greens; compost; phytoremediation; post mining.*

## I. PENDAHULUAN

Kegiatan pertambangan nikel berpotensi memberikan pemasukan daerah yang cukup besar. Kegiatan tersebut berdampak signifikan pada peningkatan jumlah logam berat pada lingkungan dan mempengaruhi semua aspek kehidupan jika limbah dan lahan bekas pertambangan tidak dikelola dengan baik. Dampak negatif yang dapat terjadi adalah penurunan kondisi tanah bekas penambangan (*tailing*) berupa hilangnya profil lapisan tanah, terjadi pemadatan tanah (tingginya tingkat *bulk density*), kekurangan unsur hara penting, pH rendah, pencemaran oleh logam-logam berat pada lahan bekas tambang, dan penurunan populasi mikroba tanah (Allo, 2016). Lahan bekas penambangan rakyat sistem terbuka seperti yang dilakukan pada penambangan nikel memiliki permukaan lahan tidak teratur, kesuburan tanah rendah dan rawan erosi, sehingga daya dukung tanah untuk tanaman rendah (Mustafa, et al., 2022). Tanah bekas tambang nikel tidak dapat ditanami karena kerusakan tanah (tanpa top soil), hilangnya bahan organik, tidak tersedianya unsur hara yang sangat diperlukan tanaman, dan kerusakan ekosistem yang menyebabkan erosi, dan bahkan dapat menyebabkan banjir dan longsor (Ginting, 2019).

Limbah yang dihasilkan dari usaha penambangan nikel berpotensi menurunkan tingkat kesuburan tanah dan menyebabkan keracunan bagi tanaman sehingga sulit bagi tanaman untuk tumbuh. Bahan *tailing* (limbah pertambangan) bila dimanfaatkan sebagai media tumbuh tanaman, mempunyai banyak kendala baik fisik maupun kimia. Secara fisik bahan *tailing* relatif bertekstur kasar, berbutir *tunggal* tidak membentuk agregat seperti tanah, akibatnya daya menahan air sangat rendah. Secara kimia, bahan *tailing* tidak mengandung koloid sama sekali, akibatnya kapasitas tukar kation (KTK) sangat rendah, kandungan unsur hara rendah, kemampuan menahan hara juga rendah. Disamping itu, unsur logam mikro tinggi karena merupakan bahan sisa tambang, yang kemungkinan dapat meracuni baik terhadap tumbuhan, hewan, maupun manusia (Lesmanawati, 2005). Kegiatan penambangan terutama dapat menyebabkan terakumulasinya logam-logam berat ke dalam tanah misalnya Ni, Cu, Cd, Zn, Co dan lain-lain, yang dalam jangka panjang berdampak pada tanah dan ekosistem, dan akan mengganggu pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Chibuike dan Obiora, 2014).

Upaya mitigasi dan remediasi perlu dilakukan pada lahan pasca penambangan nikel agar lahan tersebut dapat dimanfaatkan secara produktif. Pemanfaatan tanaman dalam remediasi lahan tercemar logam berat (*Fitoremediasi*) banyak dipilih karena rebih murah dan mudah dilakukan. Fitoremediasi merupakan strategi remediasi yang dikendalikan oleh sinar matahari yang murah, efisien, dapat diterapkan '*in-situ*', serta ramah lingkungan (Vithanage et al. 2012). Fitoremediasi ialah suatu teknologi tumbuhan untuk memindahkan zat kontaminan dari lingkungan (Paz-Alberto dan Sigua, 2013).

Tumbuhan yang mampu menyerap zat kontaminan/logam dari lingkungan disebut tanaman akumulator. Sejumlah peneliti telah melaporkan tanaman akumulator seperti

*Thlaspi goesingenes* mampu mengakumulasi nikel 9,490 mg/g dari bobot kering (Freeman *et al.*, 2004), *Rinorea benghalensis* yang mengandung lebih dari 1% nikel dari bobot keringnya dan *Melastoma malabathricum* mampu mengakumulasi nikel dalam tajuknya (Netty *et al.*, 2013).

Remediasi akan berjalan efektif dan efisien bila menggunakan tanaman akumulator yang mampu menghasilkan hasil biomassa dan sekaligus menyerap logam dalam jumlah tinggi (Mamdouh *et al.*, 2014; Netty, *et al.*, 2016). Oleh karena itu, tanaman pangan banyak digunakan untuk penelitian remediasi lahan terkontaminasi logam berat karena memiliki pertumbuhan yang cepat (*fast grow*), sehingga mampu menghasilkan biomassa tinggi dalam waktu yang singkat. Kumar *et al.* (2009) menguji kandungan beberapa unsur Cd, Co, Cu, Fe, Ni, Pb dan Zn pada berbagai macam sayuran menemukan bahwa *Anthum graveolens*, *Brassica oleracea var. botrytis*, *Capsicum annum*, adalah tanaman hiperakumulator karena mampu menyerap logam dalam jumlah besar.

Menurut Ebbs *et al.* (2000) produksi biomassa merupakan faktor yang lebih menentukan dalam fitoremediasi daripada kemampuan akumulasi dari spesies tanaman tertentu. Upaya peningkatan biomassa telah dilakukan oleh Netty, *et al.*, (2016) melalui penanaman *Melastoma* bersama kedelai pada tanah terkontaminasi nikel. Hasil studi tersebut menunjukkan bahwa bukan hanya produksi biomassa yang meningkat dengan penanaman *Melastoma* bersama kedelai, namun juga meningkatkan akumulasi Ni. Manipulasi agronomi juga dapat dilakukan melalui pemberian bahan organik untuk meningkatkan biomassa dan akumulasi tanaman (Bhat, *et al.*, 2022).

Salah satu solusi dalam memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah juga dengan meningkatkan penggunaan bahan-bahan organik atau pupuk kompos. Tanaman yang dipupuk dengan menggunakan kompos juga lebih baik kualitasnya dari pada tanaman yang dipupuk dari bahan kimia. Selain itu, kompos mampu meningkatkan kesuburan tanah, memperbaiki struktur dan karakteristik tanah, meningkatkan kapasitas jerap air tanah, meningkatkan aktivitas mikroba tanah, meningkatkan kualitas hasil panen (rasa nilai gizi dan jumlah panen), serta meningkatkan kemampuan tanah menjerap nutrisi (Adugna, 2016).

Penggunaan bahan organik baik yang diberikan melalui akar maupun melalui daun akan memperbaiki kesuburan tanah dan tanaman sehingga meningkatkan hasil tanaman. Penggunaan bahan organik dapat mengkhelat logam yang terlarut dalam tanah melalui asam organik yang membentuk ikatan dengan kation logam (Osmolovskaya, 2018). Penelitian ini bertujuan (1) untuk mendapatkan dosis optimum pupuk cair (PC) dan kompos yang dapat memacu pertumbuhan dan penyerapan tanaman sawi pada tanah yang tercemar nikel. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi dan menjadi bahan acuan buat petani, pemerintah maupun perusahaan dalam menerapkan meremediasi lahan pasca tambang nikel di masa yang akan datang.

## II. METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di Green House Fakultas Pertanian Universitas Muslim Indonesia pada bulan April sampai September 2020. Bahan yang digunakan terdiri dari tanah pasca tambang nikel sorowako, benih sawi varietas Asihka, pupuk kompos, pupuk cair /PC

(nama dagangnya Lestari Green) yang komposisinya ditampilkan pada Tabel 1. Alat yang digunakan adalah timbangan elektrik, plastik kecil 11 cm x 17 cm, polibag 30 cm x 17 cm, ember kapasitas 10 liter, kamera, buku tulis, pulpen, alat tanam, dan hands spayer.

Penelitian ini menggunakan metode Rancangan Acak Kelompok (RAK) yaitu: (1) Tanpa PC + Tanpa kompos (control); (2) Tanpa PC + kompos 15 ton/ha; (3) Tanpa PC + kompos 20 ton/ha; (4) Tanpa PC + kompos 25 ton/ha; (5) PC 10 ml/liter air + Tanpa kompos; (6) PC 10 ml /liter air + kompos 15 ton/ha; (7) PC 10 ml /liter air + kompos 20 ton/ha; (8) PC 10 ml / 1 liter air + kompos 25 ton/ha. Setiap kombinasi perlakuan diulangi 3 kali, sehingga diperoleh 24 unit percobaan dan setiap unit perlakuan terdiri atas 2 tanaman sehingga terdapat 48 polibag tanaman. Data yang diperoleh diolah dengan analisis ragam dan uji lanjut dengan menggunakan Uji BNJ 0,05.

**Tabel 1.** Kandungan nutrisi pupuk cair (PC) dan kompos yang digunakan.

Kandungan Nutrisi	Pupuk Cair	Kompos
pH	6,67	7,85
C-organik (%)	5,17	0,02
N (%)	5,25	0,75
C/N ratio	0,99	0,03
P <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (%)	2,12	9,99
K <sub>2</sub> O (%)	7,94	10,94
SO <sub>4</sub> (%)	3,67	
Ca (%)	2,25	
Mg (%)	0,20	
Cl (%)	1,68	
Fe (%)	0,10	
Na (%)	0,27	
Elemen Mikro	Zn, Mn, B, Mo, Co	

Keterangan: Hasil analisis Lab. Tanah dan konservasi lingkungan Fak. Pertanian UMI-2020.

Benih sawi disemaikan pada wadah plastik ukuran 250 ml berisi media tanah, pasir, dan pupuk kandang (1:1:1). Pindahkan bibit ke pot dilakukan saat bibit berumur 2 minggu setelah semai dan telah berdaun 3-4 helai. Bibit yang ditanam adalah bibit yang pertumbuhannya baik dan seragam. Media pada polybag yang digunakan seberat 4 kg merupakan campuran pupuk kandang sesuai dengan perlakuan dan tanah pasca tambang nikel.

Aplikasi PC setelah tanaman berumur 10 hari setelah tanam (hst) dengan dosis 10 ml/l air dengan cara penyemprotan pada seluruh bagian tanaman. Panen dilakukan saat tanaman berumur 35 hst dengan cara memotong bagian pangkal batang atau mencabut langsung dengan akar. Parameter yang diamati yaitu tinggi tanaman, jumlah daun, dan luas daun yang diukur pada daun ke 5 dari pangkal batang tanaman sawi dengan menggunakan rumus indeks luas daun, yaitu panjang daun x lebar daun x nilai konstan (*Sitompul dan Guritno, 1995*). Bobot segar pertanaman ditimbang setelah tanaman dibersihkan tanahnya. Analisis kadar Nikel biomasa sampel kering (batang dan daun Sawi) bersama dengan sampel tanah awal sebelum

perlakuan dan sesudah perlakuan. Selain itu juga dianalisis kandungan kompos dan PC dengan uji laboratorium.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis sidik ragam menunjukkan penggunaan kompos dan PC berpengaruh sangat nyata terhadap tinggi tanaman sawi. Penggunaan PC 10 ml/air (125 ml/polibag)+ kompos 25 ton/ha (125 g/polibag) menghasilkan tinggi tanaman tertinggi dan berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Begitu pula pada parameter jumlah dan luas daun tertinggi pada aplikasi PC 10 ml/l +kompos 25 ton/ha yaitu masing-masing yaitu 13,67 helai dan 179,35 cm<sup>2</sup> (Tabel 2). Hasil yang dicapai dari perlakuan ini berbeda nyata dengan perlakuan kontrol, namun tidak berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Hal ini disebabkan karena unsur N masih cukup tersedia dalam kompos maupun PC yang dibutuhkan oleh tanaman (Tabel 1). Jumlah daun berkembang seiring dengan meningkatnya pertumbuhan tinggi tanaman akibat perlakuan yang diaplikasikan. Kelimpahan nitrogen juga mendorong pertumbuhan yang cepat termasuk perkembangan daun, batang lebih besar dan berwarna hijau tua serta mendorong pertumbuhan vegetatif di atas tanah (Rahmah, 2014). Daun tanaman merupakan tempat proses pengolahan energi cahaya menjadi energi kimia dan karbohidrat (glukosa) yang diwujudkan dalam bentuk bahan kering, sehingga perkembangan daun sebagai parameter utama dalam analisis pertumbuhan tanaman sangat penting (Nugroho dan Yuliasmara, 2012).

**Tabel 2.** Tinggi tanaman, jumlah daun, dan luas daun tanaman sawi pada pemberian PC dan kompos umur 35 HST pada tanah yang tercemar nikel.

Konsentrasi PC dan Takaran Kompos	Tinggi Tanaman (cm)	Jumlah Daun	Luas Daun (cm <sup>2</sup> )
Tanpa PC + Tanpa kompos	25,35 a	10,67 a	95,44 a
Tanpa PC + kompos 15 t/ha (75 g/pot)	27,70 ab	11,83 b	122,22 ab
Tanpa PC + kompos 20 t/ha (100 g/pot)	29,92 ab	12,50 b	132,59 ab
Tanpa PC + kompos 25 t/ha (125 g/pot)	31,78 bc	13,33 bcd	157,26 ab
PC 10 ml/l +Tanpa kompos	28,27 ab	12,17 b	137,24 ab
PC 10 ml/l + kompos 15 t/ha (75 g/pot)	31,10 bc	13,00 bc	166,67 ab
PC 10 ml/l + kompos 20 t/ha (100 g/pot)	33,25 c	13,67 cd	179,35 b
PC 10 ml/l + kompos 25 t/ha (125 g/pot)	34,63 c	14,33 d	189,67 ab
NP BNJ	5,43	1,14	0,75

Keterangan: Nilai rata-rata yang diikuti oleh huruf (a, b) berbeda berarti berbeda nyata pada taraf uji BNJ (0,05).

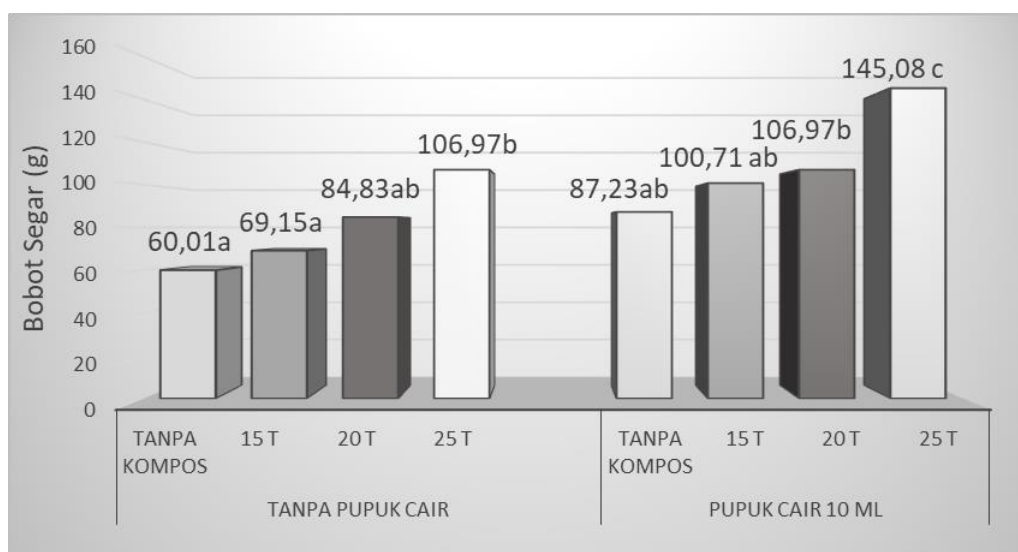
Analisis sidik ragam menunjukkan bahwa penggunaan PC+kompos pada tanah terkontaminasi Nikel berpengaruh sangat nyata terhadap bobot segar tanaman sawi pada umur 35 hst. Pemberian kompos 15-20 ton/ha tanpa PC tidak berbeda nyata dengan tanpa kompos, namun bila kompos ditingkatkan menjadi 25 ton menghasilkan bobot segar yang berbeda nyata (Tabel 3 dan Gambar 1). Sejalan dengan hal tersebut pemberian 10 g PC saja tanpa kompos menghasilkan bobot segar yang tidak berbeda nyata dengan pemberian 10 g PC+ kompos 15-20 ton/ha, akan tetapi bila kompos ditingkatkan menjadi 25 ton+10g PC,

maka bobot segar tanaman menjadi sangat meningkat yaitu 145,08 g. Hasil bobot segar ini lebih tinggi 141,76% dibandingkan dengan tanpa PC+tanpa kompos yang hanya menghasilkan bobot segar 60,01g. Hal ini disebabkan karena tinggi tanaman dan jumlah daun sangat berpengaruh pada bobot segar tanaman sawi. Semakin besar tinggi tanaman dan semakin banyak jumlah daun, maka bobot segar tanaman sawi semakin meningkat. Hasil yang dicapai ini menunjukkan bahwa pemberian kompos sebaiknya dipadukan dengan pemberian PC yang memiliki kandungan unsur hara yang lebih lengkap untuk memacu peningkatan bobot segar tanaman.

**Tabel 3.** Bobot segar, kandungan nikel dalam tanaman sawi dan dalam tanah pada pemberian PC dan kompos umur 35 hst.

Konsentrasi PC dan Takaran Kompos	Bobot Segar (g)	Kandungan Ni (mg/kg)	
		Tanaman	Tanah
Tanpa PC + Tanpa kompos	60,01 a	425	670,00
Tanpa PC + kompos 15 t/ha (75 g/pot)	69,15 a		
Tanpa PC + kompos 20 t/ha (100 g/pot)	84,83 ab		
Tanpa PC + kompos 25 t/ha (125 g/pot)	106,97 b		
PC 10 ml/l +Tanpa kompos	87,23 ab	455	602,50
PC 10 ml/l + kompos 15 t/ha (75 g/pot)	100,71 ab		
PC 10 ml/l + kompos 20 t/ha (100 g/pot)	106,96 b		
PC 10 ml/l + kompos 25 t/ha (125 g/pot)	145,08 c		
NP BNJ	19,26		
Sebelum Perlakuan			1430

Keterangan: (1) Nilai rata-rata yang diikuti oleh huruf (a,b) berbeda berarti berbeda nyata pada taraf uji BNJ (0,05); (2) Nilai kandungan Ni yang melebihi dari 4-80 ppm pada tanah dan tanaman berarti bersifat racun atau tercemar.



**Gambar 1.** Bobot segar tanaman sawi pada pemberian pupuk cair dan kompos umur 35 hst pada tanah yang tercemar nikel.

Tabel 3 juga menampilkan jumlah nikel yang diserap oleh tanaman dan yang dikandung dalam tanah baik sebelum perlakuan, maupun setelah perlakuan. Kandungan nikel dalam tanah sebelum perlakuan mencapai 1.430 mg/kg dan setelah pemberian kompos dan PC+kompos pada tanah yang digunakan, kandungan nikel menurun menjadi masing-masing 670,00 mg/kg dan 602,50 mg/kg. Sejalan dengan hal tersebut dicapai pada penyerapan nikel oleh tanaman yang diberi kompos dan PC+kompos menyerap nikel masing-masing 425,00 mg/kg dan 455,00 mg/kg. Secara umum dapat dilihat bahwa pemberian kompos+PC lebih baik dari pada pemberian kompos saja. Hasil yang diperoleh ini menunjukkan bahwa media tanam yang mengandung logam berat dapat diremediasi dengan pemberian kompos+pupuk yang dapat memacu peningkatan bobot segar tanaman dan sekaligus meningkatkan daya serap logam berat dalam tanaman. Selain itu, tanaman sawi juga merupakan tanaman akumulator logam berat (Kumar, 2009; Raharjo et al. 2012).

Nikel dianggap sebagai elemen penting untuk kesehatan manusia dan hewan (Nielsen, 2020) dan asupan nikel yang bermanfaat bagi manusia adalah <100g/hari. Batas aman Ni yang diizinkan dalam tanaman yang direkomendasikan oleh WHO adalah 10 mg/kg (World Health Organization, 1996). Berdasarkan hasil analisis Laboratorium menunjukkan bahwa kandungan nikel yang terserap oleh tanaman sawi dari semua perlakuan memberikan pengaruh yang tidak aman untuk dikonsumsi karena kandungan nikel yang diserap melebihi dari batas standar aman yaitu 425- 455 mg/kg.

Menurut US Departement of Health and Human Service (2005) batas kadar nikel dalam tanah air dan tubuh manusia adalah 4-80 mg/kg. Nikel diketahui peranan penting dalam biologi mikroorganisme dan tumbuhan yaitu berfungsi sebagai enzim urease yang berperan dalam hidrolisis urea yang mengandung nikel (Rodríguez-Jiménez, 2016). Tetapi apabila kandungan nikel yang diserap dalam tubuh berlebih akan menyebabkan gangguan pernafasan, asma, sakit perut, kidney (kadar protein berlebih dalam urin), kanker, dan gangguan kehamilan. Gangguan dari efek logam nikel yang paling sering adalah alergi. Kirakira 10-20% dari populasi menunjukkan reaksi alergi terhadap nikel. Dari beberapa orang yang mengalami alergi menunjukkan adanya gangguan pada kulit disekitar kulit yang terkena logam nikel. Gangguan yang lebih berbahaya terhadap logam nikel adalah bronchitis kronik gangguan fungsi paru-paru dan kanker hati (US Department of and Human Services, 2005).

#### IV. KESIMPULAN

Tanaman sawi yang ditanam pada tanah yang tercemar nikel, dapat tumbuh normal dan tanpa gejala keracunan. Pemberian pupuk cair 10 ml/tanaman (4 liter/ha) dan kompos sebanyak 125 g/tanaman (25 ton/ha) menghasilkan jumlah daun dan bobot segar tanaman sawi yang terbaik pada tanah tercemar nikel. Tanaman sawi mampu menyerap dan mengakumulasi nikel pada akar dan daun berada pada kisaran 425-455 mg/kg bobot kering tanaman. Penggunaan tanaman sawi hijau dalam meremediasi lahan terkontaminasi logam berat khususnya nikel dapat menjadi alternatif dengan melakukan penambahan kompos dan pupuk cair untuk meningkatkan biomassa tanaman sawi. Akan tetapi penelitian seperti ini harus dibawah pengawasan yang baik dan tanaman yang dihasilkan tidak disarankan untuk dikonsumsi.

## V. UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dapat dilaksanakan dengan baik melalui pendanaan Penelitian Internal Universitas Muslim Indonesia (UMI) Tahun Anggaran 2020 Nomor: 202/A.03/LP2S-UMI/V/2020, untuk itu peneliti mengucapkan terima kasih Ketua Yayasan Wakaf UMI, Rektor UMI, LP2S UMI dan Dekan Fakultas Pertanian UMI.

## VI. REFERENSI

- Adugna, G., (2016). A review on impact of compost on soil properties, water use and crop productivity. Vol. 4(3), pp. 93-104, March 2016. [https://www.researchgate.net/publication/329655248\\_A\\_review\\_on\\_impact\\_of\\_compost\\_on\\_soil\\_properties\\_water\\_use\\_and\\_crop\\_productivity](https://www.researchgate.net/publication/329655248_A_review_on_impact_of_compost_on_soil_properties_water_use_and_crop_productivity)
- Allo, M.K., (2016). Kondisi Sifat Fisik dan Kimia Tanah pada Bekas Tambang Nikel serta Pengaruhnya Terhadap Pertumbuhan Trengguli dan Mahoni. *Jurnal Hutan Tropis* Volume 4 No. 2. <https://media.neliti.com/media/publications/82331-ID-kondisi-sifat-fisik-dan-kimia-tanah-pada.pdf>
- Bhat, S.A., Omar Bashir, Ul Haq, S.A., Tawheed Amin, Asif Rafiq, Mudasir Ali, Juliana Heloisa PinêAmérico-Pinheiro, Farooq Sher (2022). Phytoremediation of heavy metals in soil and water: *An eco-friendly, sustainable and multidisciplinary approach*. *Chemosphere* (3), September 2022. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653522012814>
- Chibuike, G. U. dan Obiora, S. C., (2014). Review Article Heavy Metal Polluted Soils: Effect on Plants and Bioremediation Methods. *Applied and Environmental Soil Science*, (2014) Article ID 752708. <https://downloads.hindawi.com/journals/aess/2014/752708.pdf>
- Ebbs S, Kochian L, Lasat M, Pence N, Jiang T (2000). An Integrated Investigation of The Phytoremediation of Heavy Metal and Radionuclide Contaminated Soils: from laboratory to the field. Di dalam: Wise DL, Trantolo DJ, Cichon EJ, Inyang HI, Stottmeister U (ed). *Bioremediation of Cotaminated Soils*. New York: Marcek Dekker Inc. hlm 745-769 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1978301916303217#bib11>
- Freeman, J. L., Persans, M. W., Nieman, K., Albrecht, C., Peer, W., Pickering, I. J., and Salt, D. E., (2004). Increased Glutathione Biosynthesis Plays a Role in Nickel Tolerance in *Thlaspi nickel hyperaccumulators*. *Plant Cell* 16, 2176e2191. [Increased Glutathione Biosynthesis Plays a Role in Nickel Tolerance in Thlaspi Nickel Hyperaccumulators - PMC \(nih.gov\)](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15111111/)
- Ginting, S, (2019). *Peran Bahan Organik dalam Rehabilitasi Lahan Bekas Tambang Nikel di Sulawesi Tenggara* (Suatu Kajian Dalam Upaya Pemulihan Kesuburan Tanah Untuk Pertanian Berkelanjutan). Fakultas Pertanian, Universitas Halu Oleo, Kendari. <https://uho.ac.id/prodi/ilmutanah/wp-content/uploads/sites/12/2019/05/PERAN-BAHAN-ORGANIK-DALAM-REHABILITASI-LAHAN-BEKAS-TAMBANG-NIKEL-DI-SULAWESI-TENGGARA.pdf>
- Kumar J.I., Hiren Soni, Rita N. Kumar dan Ira Bhatt., (2009). Hyperaccumulation And Mobility of Heavy Metals in Vegetable Crops In India Nirmal. *The Journal of*



*Agriculture and Environment* Vol:10.  
<https://www.nepjol.info/index.php/AEJ/article/view/2128>

- Lesmanawati I. R. (2005). Pengaruh pemberian kompos, *thiobacillus*, dan penanaman gmelina serta sengon pada tailing emas terhadap biodegradasi sianida dan pertumbuhan kedua tanaman [Tesis]. Bogor: Program Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor. <https://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/8818>
- Mamdouh, A., Eissa, Ghoneim, M.F., Galal, A., El-Gharably, El-Razek, M.A., (2014). Phytoextraction of Nickel, Lead and Cadmium from Metals Contaminated Soils Using Different Field Crops and EDTA. *World Applied Sciences Journal* 32(6), 1045-1052. [https://www.idosi.org/wasj/wasj32\(6\)14/8.pdf](https://www.idosi.org/wasj/wasj32(6)14/8.pdf)
- Mustafa, M., Adi Maulana, Ulva Ria Irfan, Adi Tonggiroh. (2022). Evaluasi Kesuburan Tanah Pada Lahan Pasca Tambang Nikel Laterit Sulawesi Tenggara. *Jurnal Ilmu Alam dan Lingkungan*, 13 (1), (2022). 52-56. <https://journal.unhas.ac.id/index.php/jai2/article/view/20457/7981>
- Netty S.. T. Wardiyati, M.D. Maghfoer, E. Handayanto, Aminah, Bahtiar Ibrahim., (2016). Effect of Accumulator Plants on Growth and Nickel Accumulation of Soybean on Metal-contaminated Soil. *Agriculture and Agricultural Science Procedia Volume 9*, 2016, Pages 13-19 <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201700026949>
- Netty, S., T. Wardiyati, M. D. Maghfoer dan E. Handayanto., (2013). Bioaccumulation of nickel by five wild plant species on nickel-contaminated soil. [http://iosrjen.org/Papers/vol3\\_issue%20\(part-1\)/A03510106.pdf](http://iosrjen.org/Papers/vol3_issue%20(part-1)/A03510106.pdf)
- Nielsen, F. (2020). Nickel. *Advances in Nutrition* (12):281–282. doi: 10.1093/advances/nmaa154. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7849985/#bib11>
- Nugroho, W.K. dan F. Yuliasmara., (2012). Penggunaan Metode Scanning untuk Pengukuran Luas Daun Kakao. *Warta Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia*. 24 | 1 | Februari 2012. hal 5-8
- Osmolovskaya, N.G., Vu Viet Dung, dan Kuchaeva, L., (2018). The role of organic acids in heavy metal tolerance in plants. *Biological Communications* · June 2018 DOI: 10.21638/spbu03.2018.103 <https://www.researchgate.net/publication/326377040>
- Paz-Alberto, A.M., dan Sigua, G.C., (2013). Phytoremediation: A Green Technology to Remove Environmental Pollutants. *American Journal of Climate Change*, 2013, 2, 71-86 <http://www.scirp.org/journal/ajcc>
- Raharjo, D., Mustamir, E. dan Suryadi, U.E. (2012). Uji Efektivitas beberapa jenis arang aktif dan tanaman akumulator logam pada lahan bekas penambangan emas. *Jurnal Perkebunan dan Lahan Tropika*. 2 (2) : 15-22. <https://www.neliti.com/id/publications/220681/uji-efektivitas-beberapa-jens-arang-aktif-dan-tanaman-akumulator-logam-pada-lah>
- Rahmah, A., Munifatul Izzati, Sarjana Parman., (2014). Pengaruh Pupuk Organik Cair Berbahan Dasar Limbah Sawi Putih (*Brassica chinensis* L.) Terhadap Pertumbuhan Tanaman Jagung Manis (*Zea Mays* L. Var. Saccharata). *Buletin Anatomi Dan Fisiologi*. Volume XXII, Nomor 1, Maret 2014 65 [https://eprints.undip.ac.id/44491/1/7.\\_atika.pdf](https://eprints.undip.ac.id/44491/1/7._atika.pdf)

- 
- Rodríguez-Jiménez, T de Jesús et al., (2016). Urease and nickel in plant physiology. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, Vol. XXII, no. 2, 2016. Universidad Autónoma Chapingo. <https://www.redalyc.org/journal/609/60947631001/html/>
- Sitompul, S.M., dan B. Guritno, (1995). *Analisis Pertumbuhan Tanaman*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- US Department of Health and Human Services, (2005). Toxicological Profile for Nickel. Public Health Services, Agency for Toxic Substance and Disease Registry <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp15.html> Diakses tanggal 24 Mei 2020.
- Vithanage, M., Dabroeska, B.B., Mukherjee, B., Sandhi, A. dan Bhattacharya. P.(2012). Arsenic uptake by plants and possible phytoremediation application: a brief overview. *Environmental Chemistry Letter* 10: 217 – 224. [https://www.researchgate.net/publication/225187772\\_Arsenic\\_uptake\\_by\\_plants\\_and\\_possible\\_phytoremediation\\_applications\\_A\\_brief\\_overview/link/58bb60a045851591c5e0dc4b/download](https://www.researchgate.net/publication/225187772_Arsenic_uptake_by_plants_and_possible_phytoremediation_applications_A_brief_overview/link/58bb60a045851591c5e0dc4b/download)
- World Health Organization (WHO). (1996). Permissible limits of heavy metals in soil and plants. Geneva, Switzerland, 1996. [https://www.euro.who.int/\\_data/assets/pdf\\_file/0014/123080/AQG2ndEd\\_6\\_10Nickel.pdf](https://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0014/123080/AQG2ndEd_6_10Nickel.pdf)