

Bioakumulasi kobalt dan nikel pada tanaman kalakai (*Stenochlaena palustris* (burm. F.) Bedd) di tanah gambut bekas terbakar desa Pakning Asal, Bengkalis

Oktavia Surya Indra¹, T. Nurhidayah², Sofia Anita³

^{1,2}Program Studi Magister Ilmu Lingkungan Pascasarjana Universitas Riau

³Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau

Abstract. The last 5 years, palm oil plantation in Pakning Asal, Bengkalis were burned in different frequencies. There were unburned soil and burned soil in several times (2-3 times). Land fires affect the physical chemistry of the soil including macro and micro nutrients in soil as well as surrounding plant growth. One of them is kalakai usually made by vegetables in community. The purpose of this study were to analyze the composition of Co and Ni on roots, stems and leaves of kalakai on peat soil unburned soil and burned soil in several times and determine the content of Co and Ni metal in suitable and safe plants for consumption by the community based on the Acceptable Daily Intake (ADI). Co and Ni analysis was carried out using the Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS). The results of the analysis Co content in plants increases on peat unburned soil and Ni content increases on burned peat soil. Based on Acceptable Daily Intake (ADI) on kalakai that grow on unburned peat soil and burned several times 81,76 µg/kg BB/hari dan 57,97 µg/kg BB/hari for Co and 112,56 µg/kg BB/hari dan 119,763 µg/kg BB/hari for Ni. Based on ANOVA test performed with $p < 0.05$ can be concluded that there is a significant difference in roots, stems and leaves growing on peat soil unburned and burned several times.

Keywords: bioaccumulation; peat; kalakai; cobalt; nickel

Provinsi Riau merupakan provinsi dengan lahan gambut terluas yaitu 4.043.602 Ha tersebar di 12 kabupaten atau kota. Kawasan tersebut dijadikan lahan perkebunan kelapa sawit sehingga menjadikan Provinsi Riau sebagai daerah penghasil sawit yang cukup luas dengan luas 1,37 Ha atau merupakan 25,15% dari total areal kelapa sawit nasional (Pahan, 2006). Permasalahan yang sering dihadapi perkebunan kelapa sawit di Riau adalah terjadinya kebakaran lahan khususnya setiap musim kemarau. Kebakaran lahan bisa terjadi karena disengaja maupun tidak disengaja, tetapi pada musim kemarau kebakaran pada umumnya disengaja oleh pemilik lahan untuk pembukaan lahan (*land clearing*) (Adinugroho *et al.*, 2004). Kebakaran lahan dapat menimbulkan kerugian seperti pencemaran udara berupa polusi asap seperti gas CO₂, CO, NO_x, SO_x hasil dekomposisi senyawa organik, polusi asap ini tidak hanya di Indonesia tetapi juga dirasakan di negara-negara tetangga.

Hal ini berarti diareal tersebut mengalami frekuensi kebakaran yang berbeda-beda sehingga komposisi tanah juga mengalami perbedaan. Kebakaran ini tentunya mempengaruhi sifat fisik dan kimia tanah serta kandungan hara tanah. Kandungan hara didalam tanah terbagi dua yaitu hara makro dan mikro. Unsur hara makro dibutuhkan dalam jumlah yang banyak sedangkan mikro dibutuhkan dalam jumlah yang relatif kecil seperti logam kobalt (Co) dan nikel (Ni).

Logam kobalt (Co) dan nikel (Ni) termasuk pada unsur hara esensial mikro yang penting bagi tanaman. Meskipun unsur hara mikro dibutuhkan dalam jumlah yang sangat sedikit tetapi peran dan fungsinya sangat penting dan tidak dapat digantikan oleh unsur lain. Logam Co yang terdapat pada tanah gambut merupakan unsur hara mikro yang digunakan untuk proses redoks dan kesempurnaan metabolisme tanaman, misalnya sebagai penyusun enzim *karbamid*. Begitu juga Ni merupakan suatu mikronutrien yang dibutuhkan oleh tanaman, dapat ditemukan pada bagian-bagian tanaman. Konsentrasi Ni yang rendah pada jaringan tanaman menyebabkan pertumbuhan tanaman menjadi lebih baik. Hal ini disebabkan karena logam Ni merupakan aktivator beberapa enzim pada tanaman, seperti *hidrogenase*, *urease*, *peptide deformilase*, *karbon monoksida dehidrogenase* dan *gliksalase I* (Mulrooney dan Hausinger, 2003).

Setiap tanaman membutuhkan Co dan Ni dalam jumlah yang sedikit, tetapi jika berlebihan maka menjadi racun pada tanaman tersebut. Seperti tanaman kalakai yang tumbuh di lahan gambut dan juga dikonsumsi oleh masyarakat. Tanaman kalakai *Stenochlaena palustris* (Burm.F.) Bedd, yakni sejenis tanaman paku-pakuan yang biasa dijadikan sayuran untuk dikonsumsi masyarakat serta dapat dipergunakan untuk mengobati penyakit anemia, peredam demam dan mengobati penyakit kulit.

METODA PENELITIAN

Penelitian ini telah dilaksanakan selama 2 (dua) bulan, dimulai pada bulan Desember 2018 sampai dengan Januari 2019. Tempat penelitian dan pengambilan sampel dilakukan di berada di Desa Pakning Asal Kabupaten Bengkalis. Penentuan lokasi atau tempat penelitian ditentukan secara sengaja dengan mempertimbangkan bahwa lokasi tersebut merupakan lahan gambut yang mengalami frekuensi kebakaran yang berbeda-beda yang ditumbuhi tanaman kalakai yang diduga tercemar oleh pencemaran logam berat kobalt (Co) dan nikel (Ni).

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data kuantitatif. Untuk pengambilan sampel tanah gambut juga dilakukan pada 2 lokasi yang telah ditentukan (tidak terbakar dan terbakar beberapa kali). Di setiap lokasi yang telah ditentukan, dibuat plot transek dengan metode *line transect plot method* atau metode kombinasi antara metode jalur dan garis berpetak. Pada masing-masing lahan, ditentukan luas sebesar (30 x 30) m sehingga membentuk 3 (tiga) titik pengambilan sampel. Sampel tanaman kalakai yang diambil yaitu tanaman kalakai yang masih muda pada 2 lokasi yang telah ditentukan dengan 3 titik pengambilan sampel (tidak terbakar dan terbakar beberapa kali).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bukit Batu terdiri dari 17 desa atau kelurahan. Salah satu desa yang menjadi lokasi penelitian ialah Desa Pakning Asal. Desa Pakning Asal merupakan desa baru pemekaran dari Desa Sejangat yang secara geografi terletak pada 1°15'8"- 1° 20''14 LU dan 102°8'13"- 102°12'16 BT. Desa Pakning Asal yang secara tipologi wilayahnya dengan luas wilayah ± 16.000 Ha.

Mata pencaharian di Desa Pakning Asal kebanyakan masyarakatnya lebih banyak di sektor pertanian dan selain memiliki hutan yang luas, sebagian besar wilayah Desa Pakning Asal berisi perkebunan karet, sawit dan kelapa. Luas Area Perkebunan Kelapa Sawit di Desa Pakning Sebesar 111,1 Ha.

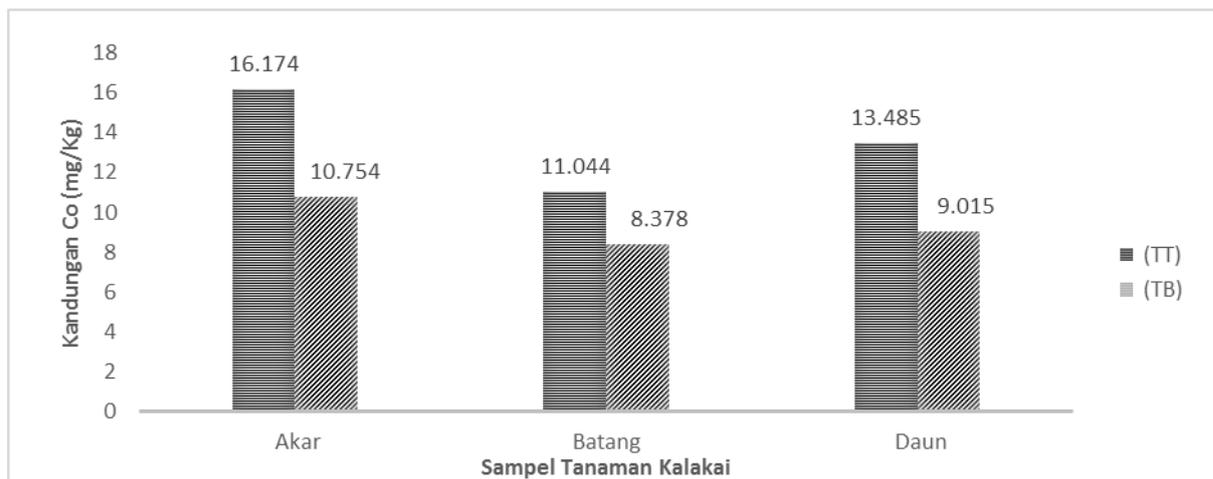
Pengukuran Kadar Air pada Tanaman Kalakai

Hasil pengukuran kadar air pada dua jenis sampel pada tanah gambut dengan frekuensi kebakaran yang berbeda yaitu tanaman kalakai pada tanah gambut tidak terbakar dan tanaman kalakai pada tanah gambut terbakar di Desa Pakning Asal Kabupaten Bengkalis (Tabel 1). Penentuan kadar air ini bertujuan untuk mengetahui kandungan air yang terdapat pada akar, batang dan daun pada tanaman kalakai. Pada Tabel 4.1, dapat dilihat bahwa kadar air tertinggi terdapat pada tanaman kalakai yang tumbuh pada tanah gambut tidak terbakar, yaitu akar 69,72 % batang 46,00 % dan daun 50,80 % sementara untuk kadar air terendah terdapat pada tanaman kalakai yang tumbuh pada tanah gambut terbakar beberapa kali yaitu akar 45,02 %, batang 37,52 % dan daun 42,44 %. Dari hasil penelitian (Tabel 1) kadar air pada tanaman kalakai menunjukkan bahwa tanaman yang sering terbakar mengalami penurunan dikarenakan kemampuan menyerap dan meloloskan air yang lebih baik pada tanah gambut tidak terbakar dibandingkan tanah gambut beberapa kali terbakar. Sehingga kadar air tanaman kalakai yang terdapat pada tanah tidak terbakar lebih tinggi dibandingkan dengan kadar air pada tanaman kalakai yang berada pada tanah gambut beberapa kali terbakar. Sesuai dengan yang dinyatakan oleh Purbowaseso (2004) penyusutan kadar air disebabkan oleh hilangnya vegetasi penutup tanah yang mengakibatkan fungsi penghambat air hujan oleh vegetasi berkurang. Pada saat terjadi hujan kondisi yang demikian membawa pengaruh terhadap besarnya aliran permukaan yang menyebabkan erosi.

Tanaman kalakai memiliki kandungan air yang besar pada kondisi lahan gambut tidak terbakar. Berdasarkan nilai dari kadar air tanaman kalakai dapat dikatakan bahwa kalakai mampu menyerap air pada konsentrasi yang besar. Ketika tanaman kalakai menyerap air, logam berat juga ikut terserap kedalam kalakai, oleh karena itu pada penelitian ini kalakai dapat menyerap logam yang berada pada tanah gambut. Semakin banyak kalakai menyerap air maka semakin besar pula konsentrasi logam yang diserap oleh kalakai, maka mengakibatkan terjadinya kerusakan pada jaringan tanaman. Hal ini dapat terjadi karena unsur hara yang dibutuhkan tanaman melalui interaksi kompetitif dengan logam berat seperti Co dan Ni (Rajkumar, Mab dan Freitas, 2013).

Tabel 1. Hasil Pengukuran Kadar Air pada Tanaman Kalakai

| Kondisi Lahan Gambut | Bagian Tanaman Kalakai | Kadar Air (%) |
|-----------------------------|------------------------|---------------|
| Tidak Terbakar (TT) | Akar | 69,72 |
| | Batang | 46,00 |
| | Daun | 50,80 |
| Terbakar Beberapa Kali (TB) | Akar | 45,02 |
| | Batang | 37,52 |
| | Daun | 42,44 |

Hasil Pengukuran Kandungan (Co) pada Tanah Gambut dan Tanaman Kalakai**Gambar 1.** Kandungan kobalt (Co) pada akar, batang dan daun tanaman kalakai yang tumbuh pada tanah gambut tidak terbakar dan tanah gambut terbakar.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan terhadap kandungan kobalt (Co) pada sampel tanah gambut yang terbakar dan tanaman kalakai di Desa Pakning Asal Kabupaten Bengkulu ternyata dapat dilihat bahwa frekuensi kebakaran dapat mempengaruhi kandungan unsur hara tersebut yang dapat dilihat pada gambar dibawah ini. Hasil analisis kimia terhadap kobalt (Co) pada tanaman kalakai (*Stenochlaena palustris* (Burm. F.) Bedd) yang tumbuh pada tanah gambut bekas terbakar dengan frekuensi yang berbeda dapat dilihat pada (Gambar 1) terlihat bahwa frekuensi kebakaran mampu mempengaruhi kandungan kobalt (Co) pada tanaman kalakai (*Stenochlaena palustris* (Burm.F.) Bedd). Kandungan kobalt (Co) pada akar, batang dan daun tanaman kalakai yang tumbuh pada lahan gambut tidak terbakar berturut turut adalah 16,174 mg/Kg; 11,044 mg/Kg dan 13,485 mg/Kg sedangkan untuk kandungan kobalt (Co) pada akar, batang dan daun tanaman kalakai yang tumbuh pada lahan gambut terbakar adalah 10,754 mg/Kg; 9,015 mg/Kg dan 8,378 mg/Kg. Menurut Zubair, Arsyad dan Perad (2015), tanah sebagai media tempat tumbuhnya tanaman dapat tercemar oleh logam berat dan kandungan logam berat yang terdapat didalam tanah juga berpengaruh terhadap tanaman yang dalam penelitian ini yaitu tanaman kalakai yang tumbuh di atasnya. Terlihat bahwa kandungan kobalt (Co) yang berada pada tanah gambut tidak terbakar lebih tinggi dibandingkan dengan tanah gambut beberapa kali terbakar (minimal 2-3 kali) hal ini tidak sesuai dengan pernyataan Khan *et al.* (2016) yang menyatakan bahwa semakin sering terjadinya kebakaran maka meningkatkan terjadinya akumulasi logam pada tanaman. Hal ini disebabkan karena terbakarnya bahan organik baik yang berada di dalam maupun permukaan tanah, serta terjadi pemanasan pada permukaan tanah bahkan sampai ke dalam tanah (Osundiya, 2014).

Kalakai yang tumbuh pada tanah gambut pada umumnya memiliki kandungan mikro mineral cukup tinggi. Penelitian yang dilakukan oleh Thursina (2005) menyatakan bahwa mikro mineral tertinggi yang ditemukan pada kalakai dari tanah bergambut adalah Zn (134,6 ppm basis kering atau 13,83 ppm basis basah), sedangkan mineral lain seperti Fe, Mn, Cu, dan Al kadarnya lebih rendah.

Priyanto dan Prayitno (2007) menyatakan bahwa logam berat yang masuk ke dalam tanaman berikatan dengan unsur hara lain dan mengalami imobilisasi ke bagian tanaman tertentu dan tidak dapat diedarkan ke seluruh tanaman karena telah mengalami proses detoksifikasi (penimbunan pada organ

tertentu) sehingga tanaman masih dapat tumbuh dan unsur hara yang diperlukan tanaman masih mampu untuk mensuplai pertumbuhan tanaman meskipun tercemar logam berat kobalt (Co).

Suatu tanaman akan tumbuh baik dan subur apabila semua unsur hara yang dibutuhkan berada dalam jumlah yang cukup dan tersedia bagi tanaman tersebut (Dwidjoseputro, 1998). Lingga dan Marsono (1999) juga mengemukakan jika unsur hara yang dibutuhkan tanaman tersedia dalam jumlah yang cukup, maka hasil metabolisme seperti sintesis biomolekul akan meningkat. Hal ini menyebabkan pembelahan sel, pemanjangan dan pendewasaan jaringan menjadi lebih sempurna dan cepat, sehingga pertambahan volume dan bobot semakin cepat yang pada akhirnya pertumbuhan tanaman menjadi lebih baik.

Pada tanah gambut tidak terbakar dan beberapa kali terbakar untuk kandungan logam kobalt (Co) pada bagian daun lebih tinggi dibandingkan bagian batang tanaman kalakai (Gambar 1). Menurut Sunarjono (2003), masuknya partikel kobalt (Co) kedalam jaringan daun terjadi karena ukuran stomata daun yang cukup besar dan ukuran kobalt (Co) pada batang yang berukuran lebih kecil. Partikel yang menempel pada permukaan daun berasal dari 3 tahapan yaitu sedimentasi akibat gaya gravitasi, tumbukan akibat turbulensi angin dan pengendapan yang berhubungan dengan hujan. Secara alamiah kobalt (Co) masuk kedalam suatu tataan lingkungan sebagai akibat peristiwa alam. Kobalt (Co) bersumber dari peristiwa pengikisan (erosi) dari batuan mineral, dari debu-debu atau partikulat-partikulat kobalt (Co) yang ada pada lapisan udara yang turun bersama hujan (Widaningrum *et al.*, 2007). Namun secara non alamiah kobalt (Co) masuk ke dalam suatu tataan lingkungan sebagai akibat dari suatu aktivitas manusia. Jalur dari aktivitas manusia ini untuk memasukkan kobalt (Co) ke dalam lingkungan dengan berbagai macam cara. Salah satunya adalah dengan kebakaran lahan dan pembuangan oleh industri yang memakai kobalt (Co) dalam proses produksinya. Tidak seperti logam-logam Hg, Pb, Cd dan Co merupakan mikroelemen esensial untuk semua tanaman dan hewan, termasuk manusia.

Logam kobalt (Co) diperlukan oleh berbagai sistem enzim didalam tubuh manusia. Oleh karena itu, kobalt (Co) harus selalu ada di dalam makanan. Dalam hal ini yang perlu diperhatikan adalah menjaga agar kadar kobalt (Co) di dalam tubuh tidak kekurangan dan juga tidak berlebihan. Kebutuhan tubuh per hari akan kobalt (Co) adalah 0,11 mg/kg berat badan. Konsumsi kobalt (Co) dalam jumlah yang besar dapat menyebabkan gejala-gejala yang akut (Watson, 2005).

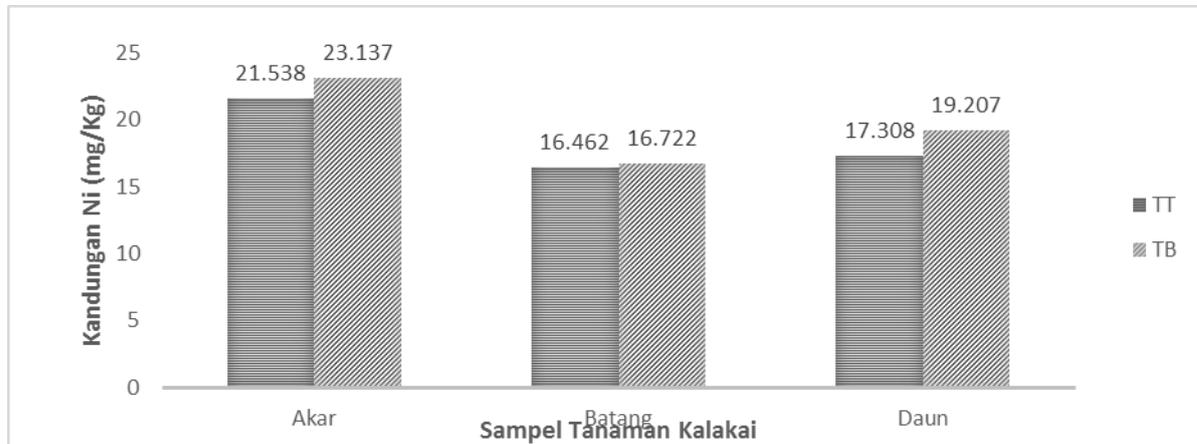
Menurut Subowo *et al.* (1999) jika kobalt (Co) berakumulasi di dalam tubuh dalam jangka waktu yang lama dapat menghambat kerja paru-paru, pertumbuhan lambat dan osteoporosis. Kobalt (Co) dapat menyebabkan kerusakan pada sel-sel dalam tubuh. Selain itu dapat juga terjadi sindrom radiasi akut yang meliputi mual, muntah, diare, pendarahan dan bahkan kematian.

Mengingat bahaya akumulasi logam berat dalam lingkungan dan efek buruknya pada kesehatan, maka usaha yang dapat dilakukan untuk menghindari bahaya logam berat dapat dilakukan antara lain dengan menghindari bahan pangan yang memiliki resiko mengandung logam berat, mencuci dengan baik dan seksama, misalnya dengan menggunakan air yang mengalir atau menggunakan *sanitizer* (Kopernicka *et al.*, 2016). Pencegahan akumulasi logam berat dapat juga dilakukan dengan banyak mengkonsumsi serat. Buah-buahan, sayuran, bawang dan kacang-kacangan merupakan makanan yang mengandung serat, seperti pektin, lignin, vitamin C dan bioflavonid serta beberapa hemiselulosa dari polisakarida lain yang larut dalam air, yang dapat menetralkan dan mengurangi penyerapan logam berat melalui sistem pencernaan kita (Charlene, 2004).

Hasil Pengukuran Kandungan (Ni) pada Tanah Gambut dan Tanaman Kalakai

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan terhadap kandungan nikel (Ni) pada sampel tanah gambut yang terbakar dan tanaman kalakai di Desa Pakning Asal Kabupaten Bengkalis ternyata frekuensi kebakaran dapat mempengaruhi kandungan unsur hara tersebut. Hasil analisis nikel (Ni) pada tanaman kalakai yang terdapat pada tanah gambut tidak terbakar dan terbakar dapat dilihat pada Gambar 2. Kandungan nikel (Ni) pada akar, batang dan daun dari tanaman kalakai semakin meningkat dengan sering terjadinya kebakaran yaitu sebesar 23,137 mg/Kg ; 16,722 mg/Kg dan 19,207 mg/Kg dan mengalami penurunan pada tanah gambut tidak terbakar yaitu sebesar 21,538 mg/Kg; 16,462 mg/Kg dan 17, 308 mg/Kg. Ketika terjadinya kebakaran lahan maka tanamannya juga terbakar, komposisi residu pembakaran dalam bentuk padatan yang mengendap di permukaan lahan gambut yang nantinya mempengaruhi karakteristik penyerapan dari tanah. Ketika seringnya terjadi kebakaran maka lama kelamaan logam nikel (Ni) akan terakumulasi, kemudian tanaman kalakai menyerap semakin banyak nikel (Ni) dan kemudian

terjadi kebakaran lagi lalu mengendap di tanah dan terakumulasi lagi begitu seterusnya apa bila sering terjadi kebakaran (Yerima *et al.*, 2018). Dalam penelitian Sopyan *et al.* (2014) pada umum akumulasi logam berat berada pada bagian akar dan daun. Pada Gambar 2 menunjukkan bahwa kandungan nikel (Ni) yang terdapat pada akar tanaman kalakai lebih tinggi dibandingkan pada batang dan daun dari tanaman kalakai pada tanah gambut terbakar dibandingkan dengan tanah gambut yang tidak terbakar, hal ini dikarenakan organ akar berhubungan langsung dengan tanah.



Gambar 2. Kandungan nikel (Ni) pada akar, batang dan daun tanaman kalakai pada tanah gambut tidak terbakar dan tanah gambut yang terbakar

Penyerapan dan akumulasi logam oleh tanaman dapat dibagi menjadi tiga proses yang sinambung, yaitu penyerapan logam oleh akar, translokasi logam dari akar ke bagian tumbuhan lain dan lokalisasi logam pada bagian sel tertentu untuk menjaga agar tidak terhambat metabolisme tumbuhan tersebut (Priyanto dan Priyatno, 2007). Konsentrasi nikel (Ni) pada batang tanaman kalakai yang terdapat pada tanah gambut bekas terbakar lebih kecil dibandingkan dengan akar dan daun. Hal karena dipengaruhi oleh besarnya konsentrasi nikel (Ni) pada tanah seperti halnya pada akar. Secara umum penambahan konsentrasi nikel (Ni) pada tanah menyebabkan meningkatnya konsentrasi nikel (Ni) di dalam jaringan batang. Berdasarkan pola konsentrasi Ni pada jaringan batang yang meningkat mengikuti peningkatan konsentrasi nikel (Ni) dalam tanah gambut, tanaman ini merupakan tanaman indikator terhadap kehadiran logam nikel (Ni) pada tanah gambut.). Menurut Obasohan (2008) meskipun kadar kecil akan tetapi sangat terlibat dalam sistem jaring makanan. Hal tersebut menyebabkan terjadinya proses bioakumulasi, yaitu logam berat terkumpul dan meningkat kadarnya pada akar, batang dan daun tanaman kalakai. Proses rantai makanan ini akan sampai pada jaringan tubuh manusia sebagai satu komponen dalam sistem rantai makanan. Seperti halnya tanaman kalakai yang tumbuh pada tanah gambut bekas terbakar yang dikonsumsi oleh masyarakat Desa Pakning Asal.

Nilai Faktor Biokonsentrasi (BCF) dan Faktor Translokasi (TF)

Diperoleh nilai faktor biokonsentrasi dan faktor translokasi dari tanaman kalakai yang dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 2. Nilai Faktor Biokonsentrasi BCF Logam Co dan Ni pada Tanaman Kalakai

| Kondisi Lahan Gambut | Logam | Kandungan tanah (mg/Kg) | Kandungan tanaman (mg/Kg) | Faktor Biokonsentrasi (BCF) |
|-----------------------------|-------|-------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| Tidak terbakar (TT) | Co | 25,426 | 40,703 | 1,6008 |
| | Ni | 36,615 | 59,066 | 1,6131 |
| Terbakar beberapa kali (TB) | Co | 15,547 | 28,147 | 1,8104 |
| | Ni | 25,948 | 55,308 | 2,1314 |

Tabel 3. Nilai Faktor Translokasi (TF) Logam Co dan Ni pada Tanaman Kalakai

| Kondisi Lahan Gambut | Logam | Kandungan pada Akar (mg/Kg) | Kandungan pada Daun (mg/Kg) | Nilai Faktor Translokasi (TF) |
|-----------------------------|-------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| Tidak terbakar (TT) | Co | 16,174 | 13,485 | 0,8337 |
| | Ni | 23,137 | 19,207 | 0,8301 |
| Terbakar beberapa kali (TB) | Co | 10,754 | 8,378 | 0,7790 |
| | Ni | 21,538 | 17,308 | 0,8036 |

Menurut Setyarini (2018), tanaman kalakai memiliki kemampuan yang tinggi dalam menyerap kontaminan juga didukung karena memiliki jenis akar monokotil yang memiliki daya serap yang tinggi karena tingkat transpirasinya yang tinggi serta didukung oleh sistem perakarannya yang tersebar merata ke semua arah media tumbuh. Waktu yang diperlukan oleh tanaman untuk mereduksi sejumlah logam berat di dalam tanah yang terkontaminasi tergantung pada produksi biomassa seperti halnya faktor biokonsentrasi (BCF). Menurut Ghosh dan Singh (2005), faktor biokonsentrasi merupakan perbandingan antara kandungan logam pada tanaman terhadap kandungan logam dalam tanah.

Faktor Biokonsentrasi (BCF) ditentukan oleh rasio logam di akar dengan yang terdapat di dalam tanah. Nilai $BCF > 1$ menunjukkan spesies tersebut potensial sebagai akumulator. Susana dan Suswati (2013) membagi tanaman menjadi 3 kategori yaitu akumulator, excluder dan indikator. Akumulator mempunyai nilai $BCF > 1$, excluder mempunyai nilai $BCF < 1$ dan tanaman indikator dengan nilai BCF mendekati 1.

Pada Tabel 2. perbedaan BCF dari masing-masing sampel dimana logam kobalt (Co) memiliki BCF pada tanaman kalakai yang tumbuh pada tanah gambut tidak terbakar dan pada tanah gambut terbakar yaitu sebesar 1,6008 dan 1,8104 sedangkan nilai BCF untuk nikel (Ni) pada tanaman kalakai yang tumbuh pada tanah gambut tidak terbakar dan tanah gambut terbakar yaitu sebesar 1,6131 dan 2,1314. Maka dari hasil penelitian tersebut menyatakan bahwa tanaman kalakai merupakan salah satu tanaman yang berpotensi sebagai hiperakumulator logam kobalt (Co) dan nikel (Ni).

Distribusi spesies akan dikontrol oleh faktor lingkungan yang berada pada kisaran toleransi sempit. Artinya, masing-masing organisme mempunyai batas toleransi terhadap suatu faktor yang ada di lingkungan untuk saling berkompetisi dan bertahan hidup (Mahurpawar, 2015). terakumulasi ke dalam tumbuhan (Khairuddin *et al.*, 2018)

Namun jika BCF yang diperoleh < 1 , berarti pencemar diindikasikan tidak Logam dipindahkan dari akar ke bagian pucuk melalui jalur transpirasi tanaman (*xylem*), tingkat transportasi unsur tidak sama pada tiap unsur dan tiap jenis tanaman. Nilai TF digunakan untuk melihat translokasi logam dari akar ke pucuk tanaman, yang dihitung dengan membagi konsentrasi logam di bagian pucuk dengan bagian akar. Selain itu juga dihitung perbandingan antar konsentrasi logam pada daun dan akar yang dikenal sebagai *Translocation Factors* (TF) (Susana dan Denah, 2013).

Hasil perhitungan nilai faktor translokasi (TF) dari logam kobalt (Co) yang terdapat pada tanah gambut tidak terbakar dan tanah gambut beberapa kali terbakar berturut-turut yaitu 0,8337 dan 0,7790 sedangkan untuk nilai faktor translokasi dari logam nikel (Ni) berturut-turut yaitu 0,8301 dan 0,8036. Hal ini mengindikasikan bahwa kobalt (Co) dan nikel (Ni) tertahan pada jaringan akar dan hanya sedikit yang ditranfer ke pucuk atau menunjukkan mobilitas Co dan Ni yang rendah dari akar ke pucuk dan immobilisasi kobalt (Co) dan nikel (Ni) di akar. Nilai faktor translokasi dapat dilihat pada Tabel 3. Data faktor translokasi yang diperoleh menunjukkan bahwa tanaman kalakai bukanlah tanaman hiperakumulator, karena untuk menjadi tanaman hiperakumulator besar nilai faktor translokasi harus lebih dari satu ($TF > 1$) (Lorestani *et al.*, 2011).

Nilai Acceptable Daily Intake (ADI)

Berdasarkan hasil analisis menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) diperoleh nilai ADI pada tanaman kalakai yang dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai *Acceptable Daily Intake* (ADI) Logam Co dan Ni

| Kandungan Logam | Baku Mutu (mg/hari) | Kondisi Lahan Gambut | |
|--|------------------------|----------------------|-----------------------------|
| | | Tidak Terbakar (TT) | Terbakar Beberapa Kali (TB) |
| Kandungan Co ($\mu\text{g}/\text{kg}$ BB/hari) | 0,11 | 81,76 | 57,97 |
| Kandungan Ni ($\mu\text{g}/\text{kg}$ BB/hari) | 0,9 | 112,56 | 119,768 |

Berdasarkan pemasukan logam ke dalam tubuh perhari (*Acceptable Daily Intake*) yang diperbolehkan merupakan salah satu mekanisme untuk meminimasi efek logam berat terhadap kesehatan manusia. Komisi Ahli WHO merekomendasikan pemasukan kobalt pada makanan adalah sekitar 0,11 mg/hari dan berdasarkan hasil perhitungan pada penelitian ini adalah untuk logam kobalt (Co), pada tanaman kalakai yang tumbuh pada tanah gambut tidak terbakar dan beberapa kali terbakar belum melebihi batas maksimum dari standar yang ditentukan yaitu 81,76 $\mu\text{g}/\text{kg}$ BB/hari dan 57,97 $\mu\text{g}/\text{kg}$ BB/hari. Pada data (Tabel 4.6) tersebut terlihat nilai ADI yang paling tinggi yaitu pada tanaman kalakai yang terdapat pada tanah gambut terbakar beberapa kali. Pemasukan nikel (Ni) ke dalam tubuh perhari yang direkomendasikan adalah 0,9 mg/hari. Berdasarkan EFSA (2015) yang menetapkan ADI untuk nikel (Ni), maka bobot yang ada pada tanaman kalakai yang tumbuh pada tanah gambut tidak terbakar dan beberapa kali terbakar belum melebihi batas maksimum yaitu 112,56 $\mu\text{g}/\text{kg}$ BB/hari dan 119,763 $\mu\text{g}/\text{kg}$ BB/hari. Sehingga yang paling rendah nilai ADI pada tanaman kalakai terdapat pada tanaman kalakai di tanah gambut tidak terbakar. Walaupun nilai ADI logam kobalt (Co) dan nikel (Ni) yang terdapat pada tanaman kecil namun sebaiknya tidak mengkonsumsi tanaman kalakai secara berlebihan karena dapat membahayakan kesehatan masyarakat (Edwards, 2016).

KESIMPULAN

Adapun kesimpulan pada penelitian ini adalah Kandungan kobalt (Co) pada akar, batang dan daun tanaman kalakai yang tumbuh pada tanah gambut tidak terbakar meningkat dan mengalami penurunan pada tanah gambut terbakar sedangkan kandungan nikel (Ni) pada akar, batang dan daun tanaman kalakai semakin meningkat dengan sering terjadinya kebakaran dan mengalami penurunan pada tanah gambut tidak terbakar dan Nilai ADI (*Acceptable Daily Intake*) logam kobalt (Co) dan nikel (Ni) pada tanaman kalakai yang tumbuh pada tanah gambut terbakar dan beberapa kali terbakar masih berada dibawah ambang baku mutu yang ditetapkan namun jika melebihi batas maksimum perhari maka dapat membahayakan kesehatan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adinugroho, W. C., I. N. Suryadiputra, B. H. Saharjo, dan L. Siboro. 2004. Panduan Pengendalian Kebakaran Hutan dan Lahan Gambut. Wetlands International-IP, Bogor.
- EFSA. 2015. *Scientific Opinion on the risks to public health related to the presence of nickel in food and drinking water EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM)*. EFSA Journal. 13(2):1- 20.
- Edwards J.A. 2016. *Zeaxanthin: Review of Toxicological Data and Acceptable Daily Intake*. Journal of Ophthalmology. 1(1) :1-15.
- Charlena. 2004. Pencemaran Logam Berat Timbal (Pb) dan Cadmium (Cd) pada Sayur-sayuran. Falsafah Sains. Program Pascasarjana S3 IPB.
- Dwidjoseputro.1998. Pengantar Fisiologi Tumbuhan. Gramedia. Jakarta.
- Ghosh, M., dan S. P. Singh. 2005. *A review on phytoremediation of heavy metals and utilization of its by product*. Applied Ecology and Environmental Research. 3 (2): 1-18.
- Khairuddin, M. Yamin, A. Syukur dan Muhlis. 2018. Analisis Kandungan Logam Berat pada Tumbuhan Mangrove. Jurnal Boitropis. 18(1): 69-79.

- Kopernicka, M., T. Jan, T. Tomas, H. Lubos, V. Beata. 2016. *Bioaccumulation of Cadmium by Spring (HORDEUM VULGARE L.) and Its Effect On Selected Physiological and Morphological Parametes*. Scientific Journal for Food Industry. 10 (1): 100-107.
- Lingga P dan Marsono. 1999. Petunjuk Penggunaan Pupuk. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Mulrooney, S.B., dan R.P. Hausinger.2003. *Nickel uptake and utilization by microorganisms*. FEMS Microbiol. 27(2): 239-261.
- Pahan, I. 2006. Panduan Lengkap Kelapa Sawit Manajemen Agribisnis dari Hulu Hingga Hilir. Fakultas Ekonomi dan Manajemen ITB, Bandung.
- Purbowaseso, B. 2004. Pengendalian Kebakaran Hutan Rineka Cipta. Jakarta.
- Priyanto, B dan J. Prayitno 2007. Fitoremediasi Sebagai Sebuah Teknologi Pemulihan Pencemaran Khususnya Logam Berat. Jurnal Tanaman. 1(2) : 2-10.
- Osundiya, M.O., O.O. Ayejuyo, R. A. Olowu, O. A. Bamgboye, dan A. Ogunlola. 2014. *Bioaccumulation of heavy metals in frequently consumed leafy vegetable grown along Nigeria-Benin Seme Border, West Africa*. Advances in Applied Science Research. 5(1):1-7.
- Rajkumar, M., Y. Mab, H. Freitas. 2013. *Improvement of Ni phytostabilization by inoculation of Ni resistant Bacillus megaterium SR28C*. Journal of Environmental Management.128 (3): 973-980.
- Sopyan, S. Rismawati, dan S. Ni Ketut. 2014. Fitoakumulasi Merkuri oleh Akar Tanaman Bayam Duri (AMARANTUS SPINOSUS LINN) Pada Tanah Tercemar. Online Jurnal of Natural Science. 3(1): 31-39.
- Sunarjono. 2003. Fisiologi Tanaman Budidaya. UI Press. Jakarta.
- Subowo, A.M. Kurniansyah, Warman. 1999. Pengaruh Logam Berat Co dalam Tanah terhadap Kandungan Co, Pertumbuhan dan asil Tanam (*Brassica rapa*). Prosiding Seminar Sumber Daya Tanah, Iklim dan Pupuk. Puslittanak. Bogor.
- Susana, R. dan S. Denah. 2013. Bioakumulasi dan Distribusi Cd Pada Akar dan Pucuk 3 Jenis Tanaman Famili Brassicaceae: Implementasinya untuk Fitoremediasi. Jurnal Manusia dan Lingkungan. 20(2) : 221-228.
- Watson, D. H. 2005. *Food Chemical Safety Volume 2: Additives*. Woodhead Publishing Limited and CRC Press.
- Widaningrum, Miskiyah dan Suismono. 2007. Bahaya Kontaminasi Logam Berat Dalam Sayuran dan Alternatif Pencegahan Cemarannya. Buletin Teknologi Pascapanen Pertanian. 3 (2) : 1-12.
- Yerima, E. A., B. D. Raymond, J. O. Ifeoma, O. E. Godwin, and D. A. Joseph. 2018. *Assessment of Heavy Metals Level of Soils Around Sacks and Packaging Company, Akwanga Nasarawa State, Nigeria*. J Environ Anal Chem. 5(4) : 1-5.