

## **PENGARUH METODE TUMPANG SARI KENTANG (*Solanum tuberosum* L.) DENGAN KACANG FABA (*Vicia faba* L.) TERHADAP SIFAT KIMIA DAN BIOLOGI TANAH**

**Ni Made Jeni Fanira Subagyo<sup>1\*</sup> dan Andree Wijaya Setiawan<sup>1)</sup>**

<sup>1)</sup>Program Studi Agroteknologi, Universitas Kristen Satya Wacana

<sup>\*</sup>Email korespondensi: madejeni10@gmail.com

### **ABSTRAK**

Sistem tumpang sari dengan tanaman legum merupakan salah satu praktik pertanian yang banyak dilakukan petani. Metode tumpang sari dengan tanaman legum kacang faba (*Vicia faba* L.) pada dataran menengah dan dataran tinggi dilakukan dengan kentang (*Solanum tuberosum* L.) karena memiliki syarat tumbuh yang hampir sama. *Rhizobium* yang bersimbiosis dengan kacang faba mampu mengikat unsur nitrogen bebas di udara menjadi nitrogen tersedia yang dapat diserap oleh tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh tumpangsari kentang dan kacang faba terhadap karakter biologi tanah yang meliputi biomassa karbon mikroba (C mik) dan biomassa nitrogen mikroba (N mik), serta karakter kimia tanah seperti bahan organik, pH, Redoks, Daya Hantar Listrik (DHL), Nitrogen total dan Nitrogen tersedia. Penelitian ini menggunakan rancangan Rancangan Acak Kelompok (RAK), analisis laboratorium dan menggunakan lima sistem tumpang sari kentang dan kacang faba yaitu P1 (Monokultur kentang); P2 (Tumpang sari kentang dan kacang faba 2:1 sejajar); P3 (Tumpang sari kentang dan kacang faba 1:1 selang seling pada guludan); P4 (Tumpang sari kentang dan kacang faba 2:1 atas bawah); P5 (Monokultur kacang faba) dengan lima kali ulangan. Sistem tumpang sari kentang dan kacang faba berpengaruh tidak nyata terhadap pH tanah, daya hantar listrik, nitrogen tersedia, nitrogen total, biomassa karbon mikroba, dan biomassa nitrogen mikroba, tetapi berpengaruh nyata terhadap bahan organik dan redoks (Eh). Parameter yang secara signifikan saling berkorelasi adalah pH dengan DHL; pH dengan redoks (Eh); pH dengan biomassa nitrogen mikroba dan DHL dengan biomassa nitrogen mikroba.

Kata kunci: tumpang sari, kentang, kacang faba, biologi tanah, kimia tanah

### **ABSTRACT**

*The intercropping system with legume plants is one of the agricultural practices that many farmers use. The intercropping method with faba bean legumes (*Vicia faba* L.) in the midlands and highlands is also carried out with potatoes (*Solanum tuberosum* L.) because they have almost the same growing conditions. *Rhizobium* which is in symbiosis with faba beans is able to bind free nitrogen elements in the air to form available nitrogen that can be absorbed by plants. This research aims to determine the effect of intercropping potatoes and faba beans on soil biological characteristics, which include microbial carbon biomass (C mic) and microbial nitrogen biomass (N mic), as well as soil chemical characteristics such as organic matter, pH, Redox, Electrical*

*Conductivity (EC), total nitrogen and available nitrogen. This research used a Randomized Block Design (RAK), laboratory analysis and used five intercropping systems for potatoes and faba beans, namely P1 (potato monocrop); P2 (2:1 parallel intercropping of potatoes and faba beans); P3 (1:1 intercropping of potatoes and faba beans on mounds); P4 (2:1 intercropping of potatoes and faba beans); P5 (Faba bean monoculture) with five replications. The potato and faba bean intercropping system had no significant effect on soil pH, electrical conductivity, available nitrogen, total nitrogen, microbial carbon biomass, and microbial nitrogen biomass, but had a significant effect on organic matter and redox (Eh). Parameters that are significantly correlated with each other are pH and DHL; pH with redox (Eh); pH with microbial nitrogen biomass and DHL with microbial nitrogen biomass.*

*Key words: intercropping, potatoes, faba beans, soil biology, soil chemistry*

## **PENDAHULUAN**

Sistem tanam tumpang sari dengan tanaman legum merupakan salah satu praktik pertanian yang banyak dilakukan petani, karena memiliki berbagai manfaat seperti meningkatkan kesehatan tanah, mengontrol hama penyakit dan menyediakan nutrisi. Metode tumpang sari dengan tanaman legum pada dataran menengah dan tinggi salah satunya dilakukan dengan tanaman kacang faba (*Vicia faba* L.) (Etemadi, *et al.*, 2019). Tanaman kacang faba dapat ditumpangsarikan dengan kentang (*Solanum tuberosum* L.), karena memiliki syarat hidup yang mirip. Kentang cocok ditanam pada dataran tinggi atau pegunungan dengan ketinggian lebih dari 700 m dpl (Samadi, 2007). Tanaman kentang tumbuh baik pada lingkungan dengan suhu rendah, yaitu 15°-20°C (Sunarjono, 1975). Tanaman kacang faba dapat hidup pada ketinggian 1300-3800 m dpl, pada suhu lingkungan 18-27°C. Jika kedua tanaman ini ditumpangsarikan akan memberikan keuntungan dalam meningkatkan kandungan nitrogen dalam tanah. Hal ini karena kacang faba dapat bersimbiosis dengan bakteri *Rhizobium* pengikat N dan Mikoriza (Kopke dan Nemecek, 2010).

Zelonia dan Banjarnahor (2019) menyatakan bahwa kentang yang ditumpangsarikan dengan kacang faba memiliki pertumbuhan yang optimal, karena *Rhizobium* yang bersimbiosis dengan kacang faba mampu mengikat

unsur nitrogen bebas di udara menjadi nitrogen tersedia yang dapat diserap oleh tanaman. Polnaya dan Patty (2012) menunjukkan bahwa tumpang sari jagung dan kacang hijau memberikan pengaruh nyata pada tinggi tanaman, diameter batang dan indeks pertumbuhan tanaman jagung. Hal ini karena kacang hijau mampu mengikat nitrogen dari udara sehingga kebutuhan nitrogen untuk tanaman jagung dapat tersedia.

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh tumpangsari antara kentang dan kacang faba terhadap karakter biologi tanah yang meliputi biomassa karbon mikroba ( $C_{mik}$ ) dan biomassa nitrogen mikroba ( $N_{mik}$ ), serta karakter kimia tanah seperti bahan organik, pH, redoks (Eh), daya hantar listrik (DHL) tanah, nitrogen total dan nitrogen tersedia dan mengetahui korelasi parameter yang diamati. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh tumpangsari antara kentang dan kacang faba terhadap karakter biologi tanah yang meliputi biomassa karbon mikroba ( $C_{mik}$ ) dan biomassa nitrogen mikroba ( $N_{mik}$ ), serta karakter kimia tanah seperti bahan organik, pH, redoks (Eh), daya hantar listrik (DHL) tanah, nitrogen total dan nitrogen tersedia dan mengetahui korelasi parameter yang diamati.

## **METODE**

### **Waktu dan Tempat**

Penelitian dilaksanakan pada musim penghujan yaitu bulan November 2021 – Februari 2022. Penelitian dilaksanakan di Kebun Percobaan Salaran, Desa Wates, Kecamatan Getasan, Kabupaten Semarang dengan ketinggian 400-700 m dpl dan di Laboratorium Gedung C Fakultas Pertanian dan Bisnis Universitas Kristen Satya Wacana.

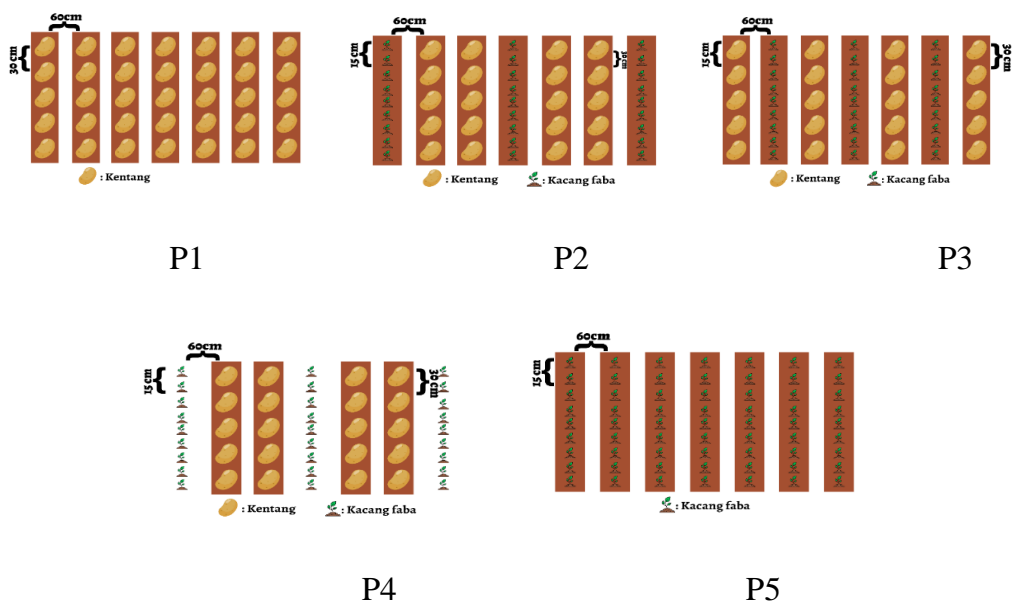
### **Rancangan Percobaan**

Penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK). Perlakuannya yaitu P1: Monokultur kentang; P2: Tumpang sari kentang dan kacang faba 2:1 sejajar; P3: Tumpang sari kentang dan kacang faba 1:1 selang seling pada guludan; P4: Tumpang sari kentang dan kacang faba 2:1 atas bawah;

P5: Monokultur kacang faba (Gambar 1). Perlakuan diulang sebanyak 5 kali. Analisis data menggunakan metode sidik ragam dengan uji lanjut BNJ 5%.

### Pelaksanaan Penelitian

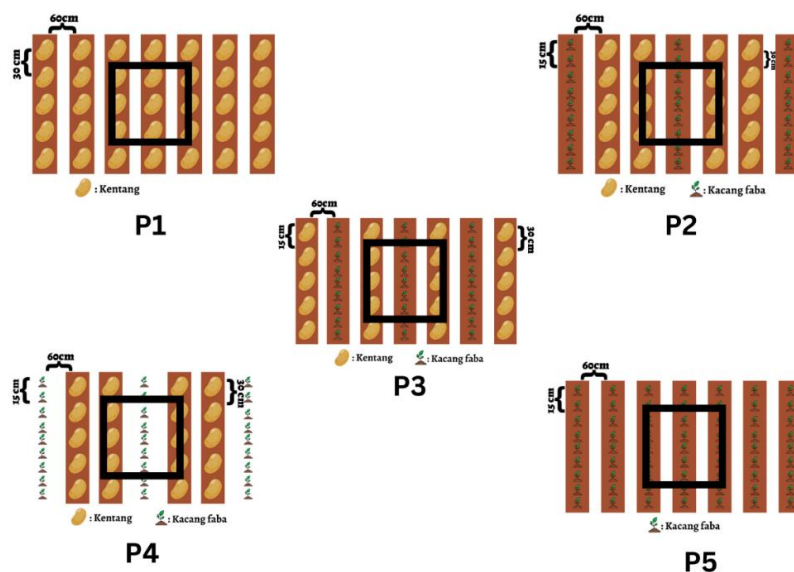
Analisis laboratorium dilakukan dua kali yaitu uji tanah awal sebelum tanam dan uji tanah akhir setelah tanam. Sampel tanah diambil pada titik seperti pada Gambar 2. Uji bahan organik, pH, daya hantar listrik (DHL), redoks/Eh, Nitrogen total (metode Kjeldahl), dan nitrogen tersedia (metode ekstrak Morgan-Wolf) menggunakan sampel tanah yang sudah dikeringanginkan. Uji biologi tanah biomassa karbon mikroba/ $C_{mik}$  (metode fumigasi) dan biomassa nitrogen mikroba tanah/ $N_{mik}$  (metode ekstrak fumigasi) menggunakan sampel tanah segar, yaitu atau setelah pengambilan sampel langsung diuji laboratorium.



Gambar 1. Perlakuan Tumpang Sari Kentang dan Kacang Faba

Bibit kentang yang digunakan yaitu varietas MZ Tedjo varietas lokal Dieng dan benih kacang faba varietas lokal Dieng. Pengolahan lahan menggunakan traktor dan dibuat bedengan sejumlah 175 (7 bedengan, 5 perlakuan dan 5 ulangan). Panjang bedengan 2 m, lebar 40 cm dan tinggi 30 cm.

Jarak antar bedengan pada perlakuan yang sama 30 cm, jarak lahan pada setiap perlakuan 60 cm dan setiap ulangan berjarak 60 cm.



Gambar 2. Titik Pengambilan Sampel Tanah

Pupuk pupuk kandang untuk kentang dan kacang faba diberikan 100 g/lubang. Pemupukan susulan dilakukan dua kali saat umur 20 HST dan 40 HST dengan 10 gram NPK per lubang untuk tanaman kentang dan kacang faba.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis tanah sebelum dan setelah perlakuan tumpangsari dapat diketahui pada Tabel 1.

Tabel 1. Sifat Kimia dan Biologi Tanah

Perlakuan	BO (%)	N total (%)	N tersedia (ppm)	pH	DHL (dS/m)	Redoks/EH(mV)	C <sub>mik</sub> (µg/g)	N <sub>mik</sub> (µg N/g)
P1	6.96b	0.04	11.442	5.906	0.00201	12.46ab	31.66	0.50
P2	8.39a	0.10	13.044	5.968	0.00192	10.08b	26.95	0.41
P3	8.03ab	0.10	11.806	5.336	0.00209	27.50a	38.93	0.47
P4	8.05ab	0.04	14.15	5.614	0.00198	25.42a	35.93	0.47
P5	7.92ab	0.02	28.56	5.582	0.00192	21.40ab	35.08	0.5
Tanah Awal	8.35	0.05	21.46	5.47	0.178	31.1	138.3	0.88

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada Uji BNJ 5%

### **Bahan Organik**

Berdasarkan hasil analisis sampel tanah yang disajikan pada tabel 1 diketahui bahwa perlakuan tumpang sari kentang dan kacang faba berpengaruh nyata terhadap kandungan bahan organik tanah. Kandungan bahan organik tanah pada tumpangsari kentang dan kacang faba lebih tinggi dibanding dengan pada pertanaman monokultur kentang. Menurut Balittanah (2005) kandungan bahan organik pada kelima perlakuan tersebut termasuk dalam kriteria sangat tinggi (>5%). Tingginya bahan organik ini diduga karena lapisan tanah paling atas terdapat seresah daun dari tanaman kentang dan kacang faba. Menurut Nangaro, *et al.* (2021) bahan organik merupakan faktor penting untuk menentukan tingkat kesuburan tanah. Siringoringo (2013) menyatakan bahwa bahan organik cenderung terkonsentrasi pada lapisan atas tanah, karena sebagian besar pasokan atau input karbon organik tanah adalah dari seresah yang berada pada bagian atas tanah. Kadar C-organik tanah juga dapat mempengaruhi biologi tanah, karena ketersediaan nutrisi untuk aktivitas mikroba tanah meningkat (Rosmarkam dan Yuwono, 2002). Kelimpahan mikroba sangat ditentukan oleh kadar bahan organik tanah dan faktor lingkungan seperti pH tanah, kelembaban tanah, vegetasi dan suhu (Sahara, *et al.*, 2019).

### **Nitrogen Total**

Hasil uji laboratorium mengenai N-Total tidak berbeda pada semua perlakuan. Jika dibandingkan dengan kandungan nitrogen total tanah awal terjadi peningkatan kandungan nitrogen total pada perlakuan (P2) tumpang sari kentang dan kacang faba sejajar dan (P3) tumpang sari kentang dan kacang faba (1:1) yaitu meningkat sebesar 100%. Peningkatan kadar nitrogen diduga karena adanya aktivitas bakteri *Rhizobium* sp. yang mampu mengikat nitrogen, sehingga kandungan nitrogen dalam tanah tetap atau dapat meningkat. Hal ini didukung oleh pernyataan Etemadi, *et al.* (2019) bahwa kacang faba merupakan jenis legum yang dapat bersimbiosis dengan mikroba *Rhizobium* sp. Peningkatan N-Total pada tanah juga dapat terjadi karena adanya mineralisasi bahan organik, walaupun peningkatannya tidak signifikan.

Pada penelitian ini terjadi penurunan nilai N-total pada (P1) monokultur kentang (0,04%), (P4) tumpang sari kentang dan kacang faba (2:1) (0,04%) dan (P5) monokultur kentang (0,02%). Nilai N-Total pada ketiga perlakuan tersebut masuk dalam kriteria rendah dan sangat rendah. Hal ini dapat terjadi diduga karena terdapat tanaman kacang faba mati dan karena satu hari setelah pemberian pupuk terjadi hujan diduga pupuk terbawa oleh aliran air hujan. Hal ini sesuai dengan pernyataan Patti, *et al.*, (2013) rendahnya kandungan N dapat dipengaruhi karena tiga faktor yaitu pencucian bersama air drainase, penguapan dan diserap oleh tanaman.

### **Nitrogen Tersedia**

Nitrogen di dalam tanah dapat diubah menjadi amonium dalam bentuk ion amonium yang dapat diserap tanaman. Menurut Ismail (2006) ion amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) memiliki muatan positif dan dapat diserap oleh koloid tanah dan bahan organik tanah. Hal ini dapat mencegah tercucinya oleh air hujan. Berbeda dengan ion nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) yang bermuatan negatif dan tidak bisa diikat oleh tanah sehingga dapat mengalami pencucian yang menyebabkan berkurang/hilangnya nitrogen.

Nitrogen tersedia pada semua perlakuan berbeda tidak nyata. Nitrogen tersedia dalam tanah untuk semua perlakuan masuk dalam kriteria tinggi sampai sangat tinggi (Balittanah, 2005). Jika dibandingkan dengan kondisi awal, N tersedia mengalami peningkatan untuk perlakuan monokultur kacang faba. Menurut Etemadi, *et al.*, (2018) rhizosfer kacang faba dapat menambat nitrogen dari udara.

### **Keasaman Tanah/pH Tanah**

Pada penelitian ini pH tanah pada semua perlakuan berpengaruh tidak nyata. Derajat keasamaan tanah merupakan salah satu faktor penting dalam pertumbuhan tanaman karena sangat mempengaruhi ketersediaan unsur hara dan juga mempengaruhi perkembangan mikroorganisme. Pada umumnya unsur hara dapat diserap dengan baik oleh tanaman dengan kisaran pH 6.5-7.8. Akan

tetapi rata-rata pH pada penelitian ini berkisar 5.7 yang sudah memenuhi syarat pertumbuhan tanaman kentang dan kacang faba. Menurut Roring dkk (2020) tanaman kentang dapat hidup dengan baik pada kisaran pH tanah 5.0-6.5. Sementara itu menurut Jensen *et al* (2010) tanaman kacang faba dapat tumbuh optimal pada pH 6.5-9.0 tetapi masih toleran pada pH antara 4.5-8.3.

Derajat keasaman lahan penelitian termasuk dalam kategori masam. Jika dibandingkan dengan nilai pH pada tanah awal atau sebelum tanam, terjadi sedikit peningkatan walau tidak signifikan. Peningkatan pH tanah diduga karena pemberian pupuk kandang saat penanaman, juga karena dekomposisi seresah kentang dan kacang faba. Menurut Nazari dkk (2012) penambahan bahan organik dapat meningkatkan pH.

#### **Daya Hantar Listrik (DHL)**

Daya hantar listrik tanah merupakan indeks untuk mengukur garam yang larut dalam air tanah. Sementara itu garam yang larut dalam air tanah merupakan parameter penting unsur hara mineral di lapisan atas tanah yang dapat dengan cepat diserap oleh tanaman. Daya hantar listrik tanah merupakan representasi kandungan garam terlarut atau disebut dengan salinitas atau konsentrasi ion. Besar kecilnya nilai DHL berhubungan erat dengan konsentrasi ion garam terlarut dalam larutan/koloid tanah. Ion garam terlarut dapat berasal dari air irigasi dan larutan pupuk. Daya hantar listrik meningkat dengan bertambahnya konsentrasi cairan dan menurun seiring dengan menurunnya konsentrasi, dan dinyatakan dalam milisievert/sentimeter (mS/cm) atau dS/m (Latupapua, 2020).

Perlakuan tumpangsari kentang dan kacang faba tidak mempengaruhi indeks DHL. Daya hantar listrik pada kelima perlakuan jauh lebih rendah dibandingkan nilai DHL pada tanah awal. Hal ini diduga karena ion-ion yang terdapat dalam tanah digunakan untuk pertumbuhan tanaman, baik tanaman kentang maupun kacang faba. Kondisi DHL tanah awal maupun kelima perlakuan tumpang sari kentang dan kacang faba memiliki nilai  $<1$ . Hal ini menunjukkan bahwa tanah yang digunakan untuk pertanaman perlakuan tumpangsari kentang dan kacang faba bukanlah tanah salin (Balittanah, 2005).



### **Redoks/ Eh**

Potensial redoks (Eh) pada penelitian ini berbeda nyata antar perlakuan tumpang sari kentang dan kacang faba. Nilai redoks kelima perlakuan kurang dari 200 mV yang tergolong dalam redoks potensial rendah (Abdulkarim, 2015). Hal ini terjadi pada tanah yang kahat atau kekurangan oksigen sehingga banyak senyawa yang tereduksi. Lahan penelitian yang digunakan tergenang saat hujan karena drainase tidak lancar tersumbat oleh seresah daun. Menurut Susilawati dan Arifin (2013) ketika tanah mengalami penggenangan atau dalam kondisi jenuh air akan menyebabkan terjadinya kondisi reduksi. Gambrell dan Patrick (1978) menyatakan kondisi seperti ini menyebabkan ketersediaan oksigen dalam tanah berkurang.

### **Biomassa karbon mikroba ( $C_{mik}$ )**

Biomassa karbon mikroorganisme tanah ( $C_{mik}$ ) merupakan salah satu indikator kesuburan tanah secara biologi. Parameter ini menggambarkan keberadaan mikroba tanah dan menjadi bagian dari C organik tanah (Kaur, *et al.*, 2000). Menurut Martens (1995) tanah pertanian mengandung  $C_{mik}$  berkisar antara 200-1000  $\mu\text{g/g}$  tanah. Pada Tabel 1 dapat diketahui bahwa  $C_{mik}$  tidak berpengaruh nyata pada semua perlakuan. Biomassa karbon mikroba tanah pada penelitian ini kurang dari 200  $\mu\text{g/g}$  tanah. Hal ini menunjukkan bahwa tanah yang digunakan dalam penelitian adalah tanah yang tergolong miskin kandungan mikrobanya.

### **Biomassa nitrogen mikroba ( $N_{mik}$ )**

Perlakuan tumpang sari kentang dan kacang faba tidak berpengaruh nyata terhadap biomassa nitrogen mikroba ( $N_{mik}$ ). Dibandingkan dengan tanah awal (0,88  $\mu\text{g N/g}$ ) terjadi penurunan  $N_{mik}$  pada kelima perlakuan. Menurut Komariah, *et al* (2012) biomassa nitrogen mikroba dipengaruhi oleh ketersediaan kandungan bahan organik tanah dan jumlah populasi bakteri atau kelompok mikroba selain bakteri. Rendahnya biomassa nitrogen mikroba erat

kaitannya dengan perubahan kondisi lingkungan. Pada penelitian ini penurunan nilai  $N_{mik}$  pada kelima perlakuan dibandingkan tanah awal diduga karena lahan yang digunakan tidak dilakukan rotasi tanaman, dua kali musim tanam hanya ditanami komoditas yang sama sehingga mempengaruhi kandungan mikroba pada tanah. Menurut Zhang, *et al.* (2015) rotasi tanaman mempunyai dampak positif pada keanekaragaman mikroba fauna tanah dan kelimpahan mikroba yang dapat meningkatkan ketahanan mikroba terhadap pH tanah yang rendah dibandingkan sistem tanam tunggal.

### **Korelasi Parameter Pengamatan**

Korelasi parameter pada penelitian dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Korelasi Parameter Pengamatan

Perlakuan	BO	N total	N tersedia	pH	DHL/EC	Redoks/EH	C <sub>mik</sub>	N <sub>mik</sub>
<b>BO</b>	1	0.334	0.61	-0.123	-0.08	0.08	0.088	-0.18
<b>N total</b>	0.334	1.	-153	-0.198	0.17	0.279	-0.008	-0.212
<b>N tersedia</b>	0.061	-153	1	-0.051	-0.162	0.129	-0.028	-0.060
<b>pH</b>	-123	-198	-0.051	1	<b>-0.611**</b>	<b>-0.527**</b>	-0.015	<b>-0.403*</b>
<b>DHL/EC</b>	-0.08	0.17	-0.162	<b>-0.611**</b>	1	0.144	-0.156	<b>0.44*</b>
<b>Redoks/EH</b>	0.08	0.279	0.129	<b>-0.527**</b>	0.114	1	-0.017	0.104
<b>C<sub>mik</sub></b>	0.088	-0.008	-0.028	-0.015	-0.156	-0.017	1	-0.364
<b>N<sub>mik</sub></b>	-180	-212	-0.06	<b>-0.403*</b>	<b>0.44*</b>	0.104	-0.364	1

Keterangan: \* Korelasi signifikan pada taraf 0.05 (dua arah)

\*\* Korelasi signifikan pada taraf 0.01 (dua arah)

Nilai pH berkorelasi negatif dengan DHL. Hal ini menunjukkan bahwa saat pH tanah meningkat maka terjadi penurunan DHL. Jika nilai daya hantar listrik pada tanah tinggi maka kesuburan tanah akan menurun dan mengganggu perkembangan mikroorganisme dalam tanah. Hal ini didukung oleh Susilawati, *et al.* (2013) yang menyatakan DHL berkaitan erat dengan pH tanah dan kandungan unsur hara (akumulasi garam), di mana mikroorganisme tanah tidak dapat bertahan hidup pada pH terlalu asam maupun basa serta pada tanah dengan nilai DHL tinggi.

## **KESIMPULAN**

Tumpang sari kentang dan kacang faba berpengaruh nyata terhadap bahan organik dan redoks (Eh), tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap pH tanah, DHL, nitrogen tersedia, nitrogen total,  $C_{mik}$  dan  $N_{mik}$ . Parameter yang saling berkorelasi secara signifikan adalah pH dengan DHL; pH dengan redoks (Eh); pH dengan  $N_{mik}$  dan DHL dengan  $N_{mik}$ .

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Abdulkarim. 2015. Penilaian dan Pemetaan Kerusakan Lahan untuk Produksi Biomassa di Kecamatan Mijen, Kota Semarang. CoUSD Prosiding. Semarang: 8 September 2015. Hal 15-29.
- Agustina, C. 2014. Status Kualitas Air di DAS Sumberbrantas: Bioindikator Makroinvertebrata. Universitas Brawijaya. Malang.
- Balittanah. 2005. Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk. Balai Penelitian Tanah. Bogor.
- Etemadi, F., M. Hasemi, A.V. Barker, O.R. Zandvakili., and X. Liu. 2019. *Agronomy Nutritional Value, and Medical Application of Faba Bean (Vicia faba L.)*. *Horticultural Plant Journal*. 5(4): 170-82.
- Ismail. 2006. Fisiologi Tumbuhan. Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Makassar. Makassar.
- Jensen, E., M.B. Peoples, R.M. Boddey, P.M. Gressho, H. Hauggaard-Nielsen, B.J.R. Alves. 2012. *Legumes for Mitigation of Climate Change and the Provision of Feedstock for Biofuels and Bioreneries. A review*. *Agron. Sustain. Dev.* 32: 329–364. doi: 10.1007/s13593-011-0056-7.
- Komariah, S., F.B. Leni, Z. Delita. 2012. Biomassa Nitrogen (N) Mikroba dan Aktivitas Urease Tanah di Cagar Biosfer Giam Siak Kecil-Bukit Batu: Sebagai Status Hara Nitrogen. Skripsi. FMIPA. Universitas Riau. Pekanbaru.
- Kopke, U. and T. Nemecek, T. 2010. *Ecological Service of Faba Bean Field Crops Research*. 115:217-233.
- Latupapua, A.I. 2020. Hubungan pH, Eh, dan EC dengan Produksi Kelapa Rakyat pada Tempat Tumbuh yang Berbeda. *Agrologia*. 9(1): 1-8.

- Martens, R. 1995. *Current Methods for Measuring Microbial Biomass C in Soil: Potentials and Limitations. Biology and Fertility of Soils*. 19 (2-3): 87–99. doi:10.1007/bf00336142.
- Muliawan, N.R.E., J. Sampurno dan M.I. Jumarang. 2016. Identifikasi Salinitas Pada Lahan Pertanian di Daerah Jungkat berdasarkan Metode Daya Hantar Listrik (DHL). *Jurnal Prisma Fisika*. 4 (2): 69-72.
- Nangaro, R.A. dan Tamod, Z.E. dan T. Titah. 2021. Analisis Kandungan Bahan Organik Tanah di Kebun Tradisional Desa Sereh Kabupaten Kepulauan Talud. *Ejournal Unsrat*. 3(1): 1-17.
- Nazari, Y.A., S. Soemarno dan L. Agustina. 2012. Pengelolaan Kesuburan Tanah pada Pertanaman Kentang dengan Aplikasi Pupuk Organik dan Anorganik. *Indonesian Green Technology Journal*. 1 (1): 7-12.
- Patti, P. S., E. Kaya dan C. Silahooy. 2013. Analisis Status Nitrogen Tanah dalam Kaitannya dengan Serapan N oleh Tanaman Padi Sawah di Desa Waimital, Kecamatan Kairatu, Kabupaten Seram Bagian Barat. *Jurnal Agrologia*. 2 (1): 51-58.
- Polnaya, F. dan J.E. Patty. 2012. Kajian Pertumbuhan dan Produksi Varietas Jagung Lokal dalam Sistem Tumpangsari. *Agrologia*. 1 (1): 42-50.
- Roring, M.A.S., D.D. Pioh dan J. Najoran. 2020. Identifikasi Sifat Kimia Tanah yang Ditanami Tanaman Kentang (*Solanum tuberosum* L.) di Desa Pinasungkulan Utara Kecamatan Modoinding. *Ejournal Unsrat*. 12 (2): 1-6.
- Rosmarkam, A. dan N.W. Yuwono. 2002. Ilmu Kesuburan Tanah. Kanisius. Yogyakarta.
- Sahara, N., Wardah, dan Rahmawati. 2019. Populasi Fungi dan Bakteri Tanah di Hutan Pegunungan dan Dataran Rendah di Kawasan Taman Nasional Lore Lindu Sulawesi Tengah. *Jurnal Forest Sains*. 16:85-93.
- Samadi, B. 2007. Kentang dan Analisis Usaha Tani. Kanisius. Yogyakarta.
- Siringoringo, H.H. 2013. Perbedaan Simpanan Karbon Organik pada Hutan Tanaman *Acacia mangium* Willd dan Hutan Sekunder Muda. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*. 11 (1): 13-39.
- Sunarjono, H. 1975. Budidaya Kentang (*Solanum tuberosum* L.). PT. Soeroengan. Jakarta.

- Susilawati, Mustoyo, E. Budhisurya, R.C.W. Anggono, dan Bistok. 2013. Analisis Kesuburan Tanah dengan Indikator Mikroorganisme Tanah pada Berbagai Sistem Penggunaan Lahan di Plateau Dieng. *Jurnal Agric.* 25 (1): 64-72.
- Sawada, K., S. Funakawa, T. Kosaki. 2009. *Different Effects of pH on Microbial Biomass Carbon and Metabolic Quotients by Fumigation-Extraction and Substrate-Induced Respiration Methods in Soils Under Different Climatic Conditions.* *Soil Science and Plant Nutrition.* 55(3): 363–374. doi: 10.1111/j.1747-0765.2009.00378.x.
- Zelonia, C. dan D.R.V. Banjarnahor. 2019. Dinamika Hara Fosfat (P) Terhadap Pengaplikasian Tanaman Kacang Babi (*Vicia Faba* L.) dan Mikoriza pada Budidaya Tanaman Kentang (*Solanum tuberosum* L.) Varietas Granola dengan Berbagai Macam Dosis N. Seminar Nasional. Universitas Muhammadiyah. Yogyakarta.
- Zhang J., J. Qin, W. Yao, L. Bi, T. Lai, X. Yu. 2009. Effect of Long-Term Application of Manure and Mineral Fertilizers on Nitrogen Mineralization and Microbial Biomass in Paddy Soil During Rice Growth Stages. *Plant Soil and Environment.* 55: 101–109.
- Zhang, X., W. Liu, G. Zhang, L. Jiang, X. Han. 2015. *Mechanisms of Soil Acidification Reducing Bacterial Diversity.* *Soil Biology and Biochemistry.* 81: 275-281.