



**PELARUTAN BATUAN LEUSIT DAN APATIT MENGGUNAKAN
KOMBINASI SENYAWA HUMIK KETELA POHON DAN BAKTERI
(PELARUT FOSFAT DAN KALIUM)**

*Dissolution of Leucite and Apatite Rocks Using A Combination of Humic
Compounds and Bacterial (Phosphate and Potassium Solubilizing Bacteria).*

TESIS

Oleh

Mohammad Jimmy Kurnianta, SSi

NIM 162520101011

PROGRAM STUDI MAGISTER BIOTEKNOLOGI

PASCA SARJANA

UNIVERSITAS JEMBER

2019

Handwritten signature and date: Ace Budel 30/12/2019

Handwritten signature and date: 30/12/2019

Handwritten signature and date: 4/01/2020

Handwritten signature and date: Ace Jimmy Kurnianta

Handwritten signature and date: 8/01/2020



**PELARUTAN BATUAN LEUSIT DAN APATIT MENGGUNAKAN
KOMBINASI SENYAWA HUMIK KETELA POHON DAN BAKTERI
(PELARUT FOSFAT DAN KALIUM)**

TESIS

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Magister Bioteknologi (S2)
dan mencapai gelar Magister Bioteknologi

Oleh

Mohammad Jimmy Kurnianta

NIM 162520101011

PROGRAM STUDI MAGISTER BIOTEKNOLOGI

PASCA SARJANA

UNIVERSITAS JEMBER

2019

PERSEMBAHAN

Dengan memanjatkan puji syukur kehadirat Allah SWT tesis ini saya persembahkan untuk:

1. Kedua orang tua saya yang tercinta dan penuh kasih sayang. Ibunda Marjati jusuf dan Ayahanda Anas Ma'ruf (Alm) terima kasih atas doa dan dukungan baik moril maupun material dalam menuntun langkahku dalam menuntut ilmu, kreatifitas, kesabaran, pengobanan, dan kasih sayang yang diberikan selama ini,
2. Istriku Dwi Puji Astutik, dua putri kebanggaan Apsarini lana Imani Kurnianta dan Ailsa Marsha Ludmila yang selalu mendukung dan membuka hati untuk setiap keluh kesah dan bahagia,
3. Teman-teman Biotechnologi beserta dosen yang banyak memberikan motivasi dan ilmu yang bermanfaat,
4. Universitas Jember yang telah memberikan ijin dan bantuan pembiayaan. Serta Program Studi ilmu tanah yang banyak memberikan kemudahan dan fasilitas dalam melakukan penelitian.

MOTTO

Sesungguhnya orang-orang yang beriman adalah mereka yang apabila disebut nama Allah gemetar hatinya, dan apabila dibacakan ayat-ayat-Nya kepada mereka, bertambah (kuat) imannya dan hanya kepada Tuhan mereka bertawakal.
(terjemahan QS Al-Anfal : 2)

Apa yang dilangit dan dibumi selalu meminta kepada-Nya. Setiap waktu Dia dalam kesibukan. Maka nikmat Tuhanmu manakah yang kamu dustakan.
(terjemahan QS Ar-Rahman : 29-30)

Dan (ingatlah) ketika Tuhanmu memaklumkan, "Sesungguhnya jika kamu bersyukur, niscaya Aku akan menambah (nikmat) kepadamu, tetapi jika kamu mengingkari (nikmat-Ku), maka pasti azab-Ku sangat berat."
(terjemahan QS Ibrahim: 7)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Mohammad Jimmy Kurnianta

NIM : 162520101011

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tesis berjudul pelarutan batuan leusit dan apatit menggunakan kombinasi senyawa humik ketela pohon dan bakteri (pelarut fosfat dan kalium) adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapatkan sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 11 Desember 2019
Yang menyatakan,

Mohammad Jimmy Kurnianta
NIM. 162520101011

TESIS

**PELARUTAN BATUAN LEUSIT DAN APATIT MENGGUNAKAN
KOMBINASI SENYAWA HUMIK KETELA POHON DAN BAKTERI
(PELARUT FOSFAT DAN KALIUM)**

Oleh

Mohammad Jimmy Kurnianta

NIM 162520101011

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Ir. Tri Candra Setiawati, M. Si.
Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Ir. Jayus.

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tesis berjudul “**Pelarutan Batuan Leusit dan Apatit Menggunakan Kombinasi Senyawa Humik Ketela Pohon dan Bakteri (Pelarut Fosfat dan Kalium)**” telah disetujui pada:

Hari/Tanggal : Rabu, 11 Desember 2019

Tempat : Pascasarjana Bioteknologi Universitas Jember

Dosen Pembimbing Utama

Dosen Pembimbing Anggota

Dr. Ir. Tri Candra Setiawati., M. Si.
NIP. 196505231993022001

Dr. Ir. Jayus.
NIP. 196805161992031004

PENGESAHAN

Tesis yang berjudul **Pelarutan Batuan Leusit dan Apatit Menggunakan Kombinasi Senyawa Humik Ketela Pohon dan Bakteri (Pelarut Fosfat dan Kalium)** telah memenuhi persyaratan Keputusan Rektor Universitas Jember, nomor 1688/UN25/SP/2017, tanggal 1 November 2019, tentang Deteksi Dini Plagiasi dan Pencegahan Plagiarisme Karya Ilmiah Dosen, Tenaga Kependidikan, dan Mahasiswa Universitas Jember dengan *submission ID 1197748211* serta telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : Rabu, 11 Desember 2019

tempat : Pascasarjana Bioteknologi Universitas Jember

Tim Penguji

Dosen Penguji I,

Dosen Penguji II,

Dr.Ir.Sholeh Avivi, M.Si
NIP.196907212000121002

Dr. Bambang Piluharto,S.Si, M.Si
NIP. 197107031997021001

Mengesahkan
Direktur,

Prof. Dr. Ir. Rudi Wibowo, M.S.
NIP 195207061976031006

RINGKASAN

Pelarutan Batuan Leucite dan Apatit Menggunakan Kombinasi Senyawa Humik Ketela Pohon dan Bakteri (Pelarut Fosfat dan Kalium). Mohammad Jimmy Kurnianta; 162520101011; Program Magister Bioteknologi Pasca sarjana; Universitas Jember.

Batuan mineral apatit dan leusit merupakan sumber daya mineral dengan ketersediaan tinggi tetapi mempunyai kelarutan mineral rendah. Penelitian ini difokuskan pada kombinasi bakteri pelarut fosfat dan kalium dan humik ketela pohon sebagai agen *bioleaching* dalam proses pelarutan kalium dan fosfat dari bahan agromineral.

Bahan agromineral leusit yang digunakan diperoleh dari Situbondo dan Pati, sedangkan bahan apatit berasal dari kabupaten Tuban dan Ciamis di Indonesia. Agromineral diperlakukan dengan isolat bakteri pelarut fosfat (BPF) dan bakteri pelarut kalium (BPK), dikombinasikan dengan senyawa humik dari ketela pohon sebagai media. Kelarutan mineral diamati setiap 2 minggu sekali selama 12 minggu meliputi fosfat, kalium, dan pH media. Produksi asam organik dianalisa untuk mengamati aktivitas bakteri dan perubahan fisik permukaan batuan akibat pelarutan bakteri dipindai menggunakan *scanning microscope electron* (SEM).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa aktivitas pelarutan fosfat tertinggi tercatat pada minggu ke 4 (344,23 ppm) yang dilepaskan dari apatit Tuban dengan kombinasi BPF dan BPK dengan senyawa humik, sedangkan pelarutan kalium tertinggi diperoleh pada minggu ke 6 untuk Leusit Situbondo (44,21 me / 100 g) dengan kombinasi senyawa humik ketela pohon dan BPK. Analisis Anova menunjukkan tanda yang berbeda pada kedua mineral untuk pelarutan fosfat, dan kalium. Hasil SEM menunjukkan kerusakan permukaan batuan setelah periode pengamatan 12 minggu yang mengindikasikan bahwa pelarutan mineral terjadi. karena banyak asam organik seperti asam sitrat, ferulat, khumarat, siringat, dan malat terdeteksi, dan dapat disimpulkan bahwa baik BPK dan atau BPF secara

aktif tumbuh di media bahan humik dari ketela pohon, mendukung pelarutan fosfat dan kalium dari batuan leusit dan apatit sebagai sumber untuk agrominerals.



SUMMARY

Dissolution of Leucite and Apatite Rocks Using a Combination of Humic Compounds and Bacterial (Phosphate and Potassium Solubilizing Bacteria).

Mohammad Jimmy Kurnianta; 162520101011; Study Program of Biotechnology, Postgraduate Program, University of Jember

Mineral rocks of apatite and leucite are high availability mineral resources but have low mineral solubility. Therefore, this study was focused on the combination of phosphate and potassium solubilizing bacteria and humic acid of cassava as bioleaching agent in the solubilization process of potassium and phosphate from agromineral material.

Some leucite agromineral materials used were obtained from Situbondo and Pati while apatite materials were from Tuban and Ciamis districts of Indonesia. The agrominerals were treated with phosphate solubilizing bacteria (PhSB) and potassium solubilizing bacteria (PSB) isolate, combined with humic compounds from cassava as the media. The minerals solubility was quantitatively monitored regularly every 2 weeks for over 12 weeks observation which include the concentration of phosphate and potassium, as well as the pH of the media. The present of organic acids were also observed to monitor the bacterial activity during the treatment. The physical changes of the rock surface due to bacterial dissolution were scanned using a scanning electron microscope (SEM).

The results showed that the highest dissolution activity of phosphate was recorded at week 4 (344.23 ppm) released from Tuban apatite after treated by the combination of the PhSB and PSB under humic compound activation, whereas the highest potassium dissolution was obtained at week 6 for Situbondo leucite (44.21 me/100 g) with combination of humic cassava compound and PSB only. Statistical analyses showed a mark different on both minerals for dissolution of phosphate, and potassium. The SEM result indicates a breakage of the rock surface after a 3-month observation period indicating that the minerals dissolution occur. Since many organic acids such as citric acid, ferulic, coumaric, syringic, and malic were detected, it can be concluded that either PSB and or PhSB were

actively growing on the media of humic materials from cassava, supporting the dissolution of both phosphate and potassium from leucite and apatite rock as the resource for agrominerals.



PRAKATA

Segala puji penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberi nikmat, rahmat, kesehatan, serta ilmu dengan segala manfaatnya sehingga penelitian dan penulisan karya ilmiah yang berjudul “Pelarutan Batuan Leusit dan Apatit Menggunakan Kombinasi Senyawa Humik Ketela Pohon dan Bakteri (Pelarut Fosfat dan Kalium)” dapat terselesaikan dengan baik. Penulisan karya ilmiah ini diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan strata dua (S2) pada program studi Magister Bioteknologi Pascasarjana Universitas Jember.

Penyusunan tesis ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis menyampaikan terima kasih atas semua dukungan dan bantuan kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Rudi Wibowo, MS selaku Direktur Pascasarjana Universitas Jember;
2. Prof. Tri Agus Siswoyo, SP.,M.Agr.,Ph.D., selaku Ketua Program Studi Magister Bioteknologi Universitas Jember;
3. Dr. Ir. Tri Candra S., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Utama, yang telah memberikan bimbingan, meluangkan waktu, dan arahan dalam penulisan tesis ini;
4. Dr. Ir. Jayus., selaku Dosen Pembimbing Anggota, yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan tesis ini;
5. Dr. Ir. Sholeh Avivi, M.Si. selaku Dosen Penguji I, dan Dr. Ir. Bambang Piluharto, M.Si selaku Dosen Penguji II yang telah membimbing, meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan tesis ini;
6. Ibunda Marjati jusuf dan Ayahanda Anas Ma'ruf (Alm) terima kasih atas doa dan dukungan baik moril maupun material dalam menuntut ilmu, kreatifitas, kesabaran, pengobanan, dan kasih sayang yang diberikan selama ini;
7. Istriku Dwi Puji Astutik, dua putri kebanggaan Apsarini Iana Imani Kurnianta dan Ailsa Marsha Ludmila yang selalu mendukung dan membuka hati untuk setiap keluh kesah dan bahagia;

8. Keluarga besar program studi Ilmu tanah atas fasilitas, dukungan, dan kerjasamanya dalam menyelesaikan tesis ini;
9. Teman-teman bioteknologi 2016, beserta semua dosen bioteknologi yang telah menemani, memberikan semangat, dan dukungan;
10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah memberikan bantuan dan dukungan dalam penyelesaian thesis ini.

Penulis juga menerima saran serta kritik dari semua pihak demi kesempurnaan karya ilmiah ini. Akhirnya penulis berharap, semoga karya ilmiah ini dapat memberikan manfaat bagi pihak-pihak yang terkait dalam mengembangkan ilmu pengetahuan.

Jember, Desember 2019

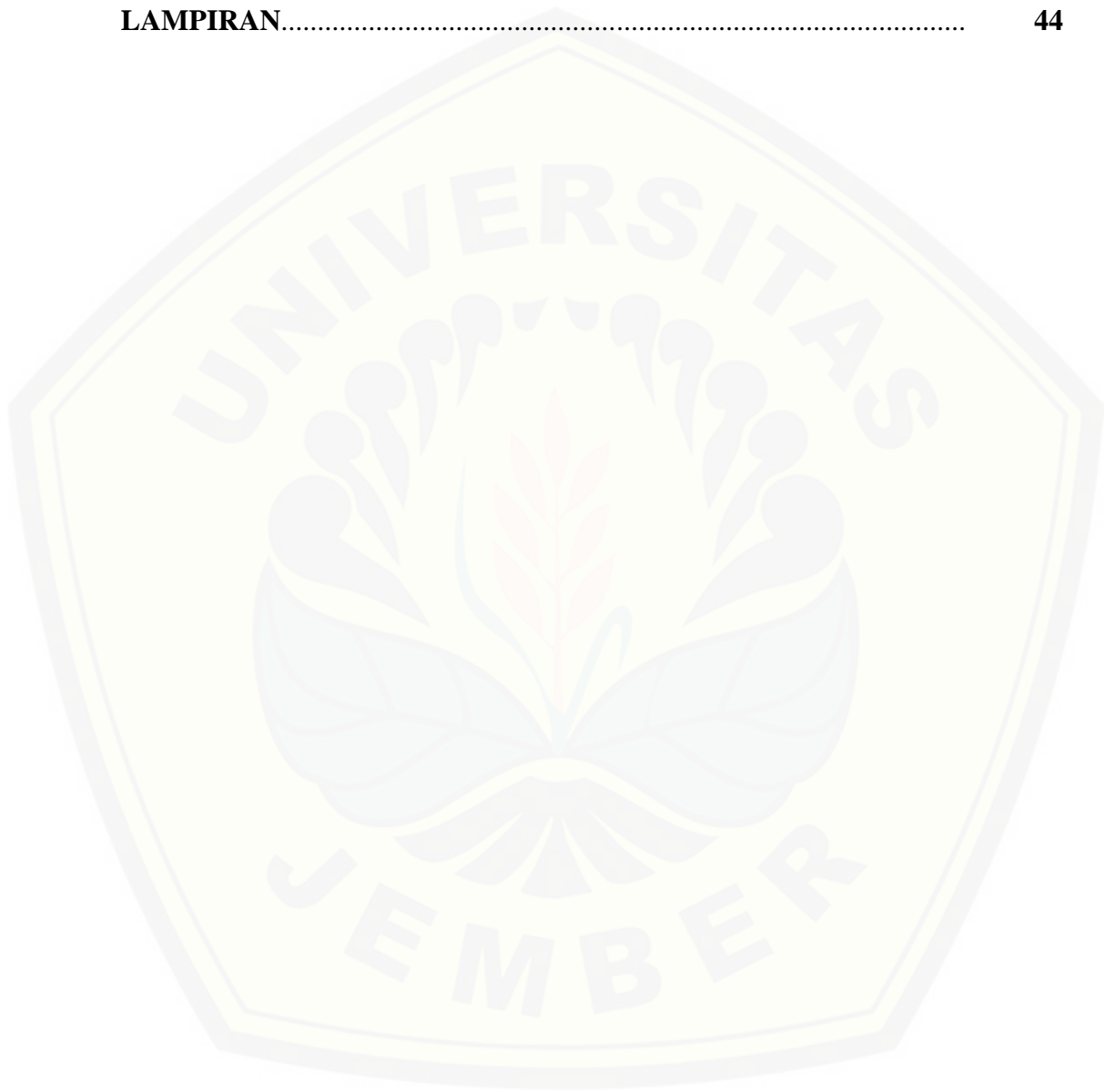
Penulis

DAFTAR ISI

	Hal
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Leusit	5
2.2 Apatit	6
2.3 Mikroorganisme Pelarut fosfat.....	7
2.4 Mikroorganisme Pelarut kalium.....	8
2.5 Kemampuan bakteri melarutkan fosfat dan kalium	8
2.6 <i>Bioleaching</i> oleh bakteri	10
2.7 Media selektif bakteri pelarut fosfat dan kalium.....	10
2.8 <i>Scanning elektron mikroskope</i> (SEM)	11
2.9 Hipotesis	12
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	13
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	13
3.2 Bahan dan Alat.....	13
3.3 Metode Penelitian.....	14
3.4 Pelaksanaan Penelitian.....	14
3.4.1 Persiapan batuan mineral.....	14
3.4.2 Persiapan Isolat.....	15
3.4.3 Persiapan Humik.....	15
3.4.4 Aplikasi.....	15
3.4.5 Inokulasi bakteri.....	15

3.4.6 Analisa Pendahuluan.....	16
3.4.6.1. Kandungan kalium dan fosfat pada mineral leusit ... dan apatit.....	16
3.4.6.2. Populasi bakteri yang digunakan.....	16
3.4.7 Penetapan asam organik dari BPK dan BPF.....	16
3.4.8 Analisa permukaan leusit dan apatit menggunakan SEM....	16
3.4.9 Analisa Corganik metode Kurmis (kolorimeter).....	17
3.4.10 Penetapan Kalium dengan AAS.....	17
3.4.11. Penetapan fosfor metode olsen.....	18
3.5 Variabel Pengamatan.....	19
3.6 Analisis Data.....	19
3.7 Diagram alir penelitian.....	20
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	21
4.1 Hasil	21
4.1.1 Hasil analisa asam-asam organic.....	21
4.1.2 Hasil analisa pH.....	22
4.1.3 Hasil analisa fosfor larut air.....	22
4.1.4 Hasil analisa fosfor larut Olsen.....	23
4.1.5 Hasil analisa kalium larut air.....	24
4.1.6 Hasil analisa fosfor larut asam sitrat 2 %	25
4.2 Pembahasan.....	26
4.2.1 Pelarutan batuan leusit dan apatit.....	26
4.2.2 Perubahan pH.....	28
4.2.3 Pelarutan fosfor larut air pada leusit dan apatit.....	29
4.2.4 Pelarutan fosfor larut olsen pada leusit dan apatit.....	32
4.2.5 Pelarutan kalium larut air pada leusit dan apatit.....	33
4.2.6 Pelarutan kalium larut sitrat pada leusit dan apatit.....	35
4.2.7 Analisa SEM.....	36

BAB V. PENUTUP	40
5.1 Kesimpulan	40
5.2 Saran	40
DAFTAR PUSTAKA	41
LAMPIRAN	44



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul	Hal
2.1	Struktur kristal leusit	6
2.2	Struktur Hidroksi Apatit	6
4.1	Perubahan pH pada pelarutan (a) Leusit Situbondo dan Pati (b) Apatit Tuban dan Ciamis.....	28
4.2	Pengaruh faktor tunggal terhadap pH pelarutan leusit dan apatit.....	29
4.3	Pelarutan fosfor larut air pada (a) leusit Situbondo dan Pati (b) Apatit Tuban dan Ciamis.....	29
4.4	Pengaruh faktor tunggal terhadap pelarutan fosfat larut air pada leusit dan apatit.....	31
4.5	Pelarutan fosfor larut olsen pada(a) Leusit Situbondo dan Pati (b) Apatit Tuban dan Ciamis.....	32
4.6	Pengaruh faktor tunggal terhadap pelarutan fosfat larut olsen pada leusit dan apatit.....	33
4.7	Pelarutan kalium larut air pada (a) Leusit Situbondo dan Pati (b) apatit Tuban dan Ciamis.....	34
4.8	Pengaruh faktor tunggal terhadap pelarutan kalium larut air pada leusit dan apatit.....	35
4.9	Pelarutan kalium larut sitrat pada (a) Leusit Situbondo dan Pati (b) apatit Tuban dan Ciamis.....	35
4.10	Pengaruh faktor tunggal terhadap pelarutan kalium larut sitrat pada leusit dan apatit.....	36
4.11	Hasil analisa SEM pada permukaan batuan leusit sebelum perlakuan (a dan c), dan sesudah perlakuan (b dan d)	37
4.12	Hasil analisa SEM pada permukaan batuan apatit sebelum perlakuan (a dan c), dan sesudah perlakuan (b dan d)	37

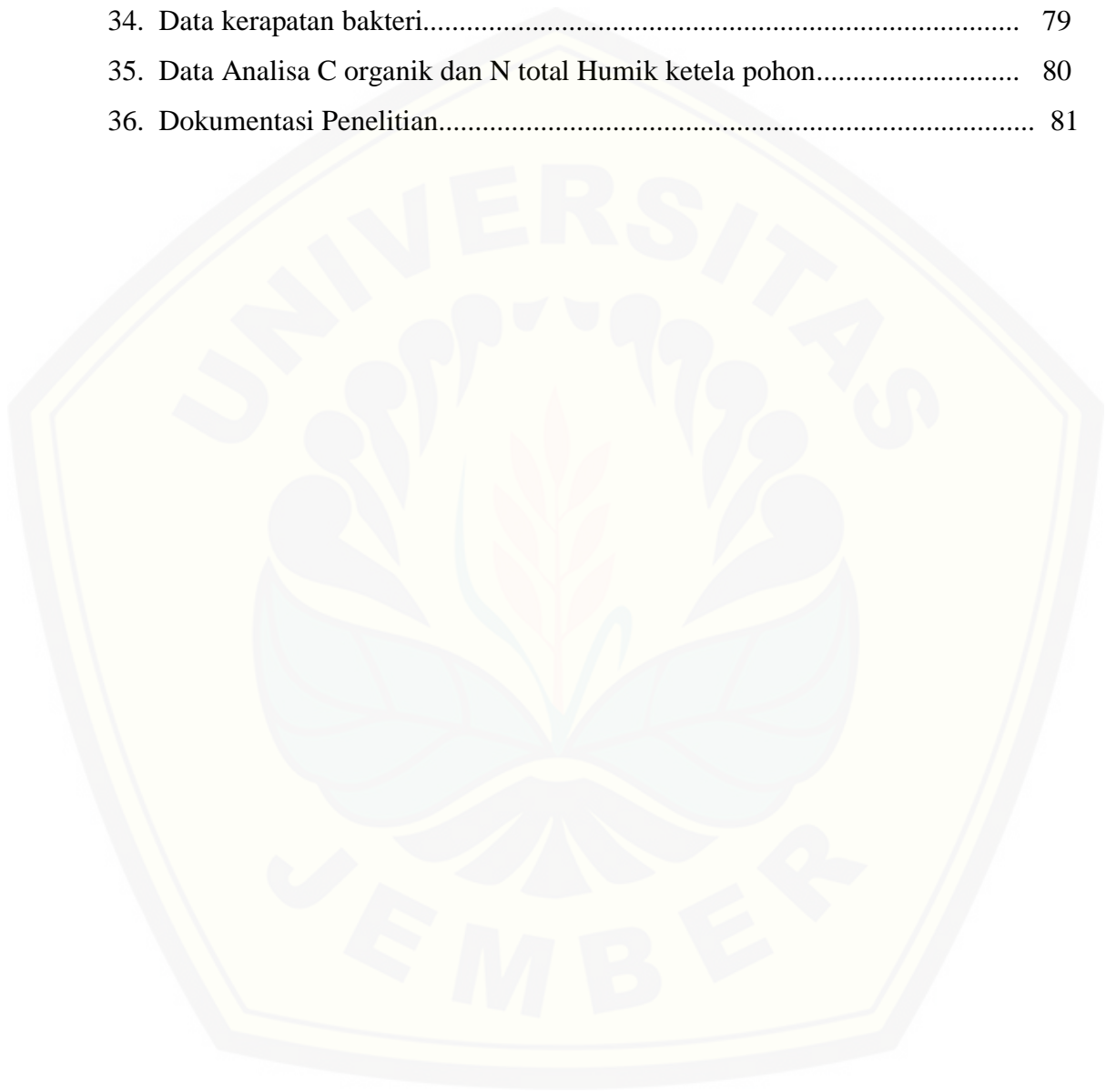
DAFTAR TABEL

Tabel	Judul	Hal
2.1	Klasifikasi batuan mineral alami sumber K	5
3.1	Rancangan perlakuan percobaan	14
3.2	Populasi Bakteri yang Digunakan pada Penelitian.....	16
3.3	Variabel pengamatan	19
4.1	Konsentrasi asam organik yang dihasilkan	21
4.2	Hasil analisa pH.....	22
4.3	Hasil analisa fosfor larut air rata-rata (ppm).....	23
4.4	Hasil analisa fosfor larut olsen rata-rata (ppm).....	24
4.5	Hasil analisa kalium larut air rata-rata (me/100 g)	25
4.6	Hasil analisa kalium larut sitrat rata-rata (me/100 g).....	26

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
1. Sertifikat hasil seminar Internasional Plant Industry	46
2. Publikasi di jurnal Menara Perkebunan (Terakreditasi DIKTI sinta 2)	47
3. Hasil analisa pH awal.....	48
4. Hasil analisa pH minggu ke 2	49
5. Hasil analisa pH minggu ke 4	50
6. Hasil analisa pH minggu ke 6	51
7. Hasil analisa pH minggu ke 8	52
8. Hasil analisa pH minggu ke 10	53
9. Hasil analisa pH minggu ke 12	54
10. Data P Larut air minggu ke 2	55
11. Data P Larut air minggu ke 4	56
12. Data P Larut air minggu ke 6	57
13. Data P Larut air minggu ke 8	58
14. Data P Larut air minggu ke 10	59
15. Data P Larut air minggu ke 12	60
16. Data P Larut olsen minggu ke 2.....	61
17. Data P Larut olsen minggu ke 4.....	62
18. Data P Larut olsen minggu ke 6.....	63
19. Data P Larut olsen minggu ke 8.....	64
20. Data P Larut olsen minggu ke 10.....	65
21. Data P Larut olsen minggu ke 12.....	66
22. Data Kalium larut air minggu ke 2.....	67
23. Data Kalium larut air minggu ke 2.....	68
24. Data Kalium larut air minggu ke 2.....	69
25. Data Kalium larut air minggu ke 2.....	70
26. Data Kalium larut air minggu ke 2.....	71
27. Data Kalium larut air minggu ke 2.....	72
28. Data Kalium larut sitrat minggu ke 2.....	73
29. Data Kalium larut sitrat minggu ke 4.....	74

30. Data Kalium larut sitrat minggu ke 6.....	75
31. Data Kalium larut sitrat minggu ke 8.....	76
32. Data Kalium larut sitrat minggu ke 10.....	77
33. Data Kalium larut sitrat minggu ke 12.....	78
34. Data kerapatan bakteri.....	79
35. Data Analisa C organik dan N total Humik ketela pohon.....	80
36. Dokumentasi Penelitian.....	81



I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara agraris yang sebagian besar penduduknya bekerja dalam sektor pertanian. Para petani dalam bercocok tanam membutuhkan pupuk NPK dalam jumlah yang besar sedangkan bahan baku yang digunakan selama ini masih diimport terutama untuk kalium, 100% masih mengimpor dari Kanada dan Rusia. Kebutuhan pupuk kalium, terutama KCl, diproyeksikan meningkat hingga tahun 2020 (Irawan *et al.*, 2017).

Sumberdaya alam, potensi hayati dan bahan-bahan mineral yang memiliki deposit kalium banyak tersebar di Jawa, Sumatera dan Sulawesi. Provinsi Jawa Tengah dilaporkan memiliki *K-feldspar* dan leusit dengan jumlah yang lebih besar dibandingkan dengan wilayah lainnya. Kabupaten yang memiliki potensi kalium di Jawa Tengah adalah Kabupaten Banjarnegara sebesar 60 juta ton, Jepara 30 juta ton, Wonogiri 3 juta, dan Wonosobo 27 juta ton. (Tekmira, 2017). Deposit *K-feldspar* di Indonesia dibagi menjadi *K-feldspar* terukur, tereka, dan terindikasi dengan jumlah masing-masing sebesar 4827 juta ton, 3621 juta ton dan 409 juta ton sedangkan impor kalium adalah sekitar 435.000 ton/tahun. Mineral kalium tersebar dalam bentuk mika, *K-feldspar*, dan Leusit K, sedangkan apatit berdasarkan proses pembentukannya termasuk dalam fosfat primer dan dibedakan atas Klor-apatit dan Flour-apatit (Straaten, 2002). Mineral seperti batuan fosfat, dan leusit, merupakan batuan mineral yang mengandung fosfor dan K_2O yang relatif cukup tinggi yaitu 5-10% K_2O di daerah Kabupaten Pati, Jawa Tengah dan bisa mencapai 14 % di gunung Ringgit Kabupaten Situbondo dan dapat dipertimbangkan sebagai alternatif pengganti pupuk.

Kalium dan fosfor sangat penting untuk tanaman sehingga dapat dikatakan sebagai unsur makro. Keduanya digunakan tanaman terutama dalam proses metabolisme, biokimia, dan biofisika. Tanaman dapat menyerap kalium tersedia dengan kisaran 1 – 10 mg/L (Xiao *et al.*, 2017). Kalium mengaktifkan 60 enzim untuk metabolisme karbohidrat dan protein dalam proses biokimia, sedangkan proses biofisika kalium dapat mengatur tekanan osmosis dan turgor

tanaman yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan sel serta membuka dan menutupnya stomata (Johnston, 2013). Kekurangan hara kalium dapat menyebabkan lemahnya jaringan batang dan meningkatkan kerusakan tanaman yang disebabkan oleh bakteri, jamur, serangga, nematoda dan virus sedangkan tanaman yang kekurangan unsur fosfor (P) biasanya akan mengakibatkan hambatan pada proses metabolisme, sebagai contoh proses sintesis protein, dimana dapat mengakibatkan terjadinya akumulasi karbohidrat dan ikatan-ikatan nitrogen (Nugroho, 2015)

Beberapa teknik dalam mengolah mineral alumino-silikat adalah aktivasi mekanis, pelindian, peleburan dengan alkali dan *bioleaching*. Kajian mengenai pemanfaatan mineral berbasis kalium dan fosfat untuk pupuk memang masih jarang terutama menggunakan bakteri dengan teknik *bioleaching* (Wahyudi & Hanudin, 2013). Hasil penelitian Shanware, *et al.* (2014) aplikasi riset bakteri banyak digunakan pada tanah dan tanaman baik identifikasi jenis bakteri dan mekanisme pelepasan mineral. Beberapa bakteri pelarut kalium (BPK) dalam tanah dilaporkan mampu mempercepat proses pelapukan K-feldspar, (Etesami *et al.*, 2017). Huang *et al.* (2013) melaporkan aktivitas BPK dapat merusak permukaan K-feldspar sehingga menjadi lebih berlubang dan melepaskan kalium. Selain itu, BPK dilaporkan mampu mempercepat proses pelepasan kalium dari K-feldspar melalui produksi asam-asam organik (Basak & Biswas, 2012). Mekanisme pelarutan fosfat secara kimia dilakukan mikroorganisme melalui cara mengeluarkan asam-asam organik berbobot molekul rendah. Asam organik tersebut diantaranya formiat, glutamate, oksalat, propionate, glikolat, suksinat, tartrat, α -ketoglutarat, sitrat, laktat, asetat, glioksilat, fumarat, dan malat. Tahapan berikutnya asam-asam organik akan bereaksi dengan bahan pengikat fosfat diantaranya Mg^{2+} , Fe^{3+} , Ca^{2+} , dan Al^{3+} . Produk yang dihasilkan berupa khelat organik yang stabil dan ion fosfat dapat dibebaskan. BPK yang telah diidentifikasi termasuk jenis *Bacillus (mucilaginosus, edaphicus, circulans)*, *Pseudomonas fluorescens* dan *Azospirillum brasilense* (Glick, 2012; Parmar & Sindhu, 2013; Padma & Sukumar, 2015). Pada tiga jenis tanah rizosfer (aluvial, gambut, PMK)

ditemukan 5 genus bakteri pelarut fosfat diantaranya *Acetobacter*, *Bacillus*, *micrococcus*, *Pseudomonas*, dan *Staphylococcus*. (Marista *et al.*, 2013). Lahan pertanian di Indonesia banyak ditemukan bakteri pelarut fosfat berasal dari genus *Mycobacterium* dan *Enterobacter* (Ginting *et al.*, 2016).

Topografi perubahan karena pengaruh asam sitrat, malat, askorbat, dan asam fumarat yang berasal dari buah mangga pada porcelain fluor dapat diamati pada fotomikrograf *scanning electron microscope* (SEM) sedangkan pencucian ion yang diamati berdasarkan analisis ICP-OES (Kukiattrakoon *et al.*, 2010).

1.2 Rumusan masalah

1. Bagaimana perubahan pH, kandungan Kalium, Fosfat pada batuan leusit dan apatit setelah penambahan kombinasi seyawa humik ketela pohon ,BPK dan BPF dengan interval waktu 2 minggu sekali selama 3 bulan ?
2. Bagaimana proses perubahan struktur permukaan batuan leusit dan apatit ?
3. Berapa kuantitas dan jenis asam organik bakteri pelarut fosfat (BPF) dan bakteri pelarut kalium (BPK) ?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui perubahan pH, kandungan kalium, fosfat pada batuan leusit dan apatit setelah penambahan kombinasi seyawa humik ketela pohon ,BPK dan BPF dengan interval waktu 2 minggu sekali selama 3 bulan ?
2. Mengetahui proses perubahan struktur permukaan batuan leusit dan apatit menggunakan SEM?
3. Mengetahui kuantitas dan jenis asam organik bakteri pelarut fosfat (BPF) dan bakteri pelarut kalium (BPK)

1.4 Manfaat Penelitian

1. Hasil penelitian diharapkan dapat dijadikan sebagai referensi pemanfaatan mineral leusit dan apatit sebagai bahan pupuk bagi ketersediaan unsur fosfat dan kalium bagi tanaman
2. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan referensi kinerja optimum bakteri pelarut fosfat dan kalium pada proses pelarutan batuan leusit dan apatit
3. Hasil penelitian diharapkan dapat dijadikan sebagai acuan di dalam melakukan penelitian selanjutnya mengenai proses pelarutan mineral menggunakan bakteri.

II. TINJAUAN PUSTAKA

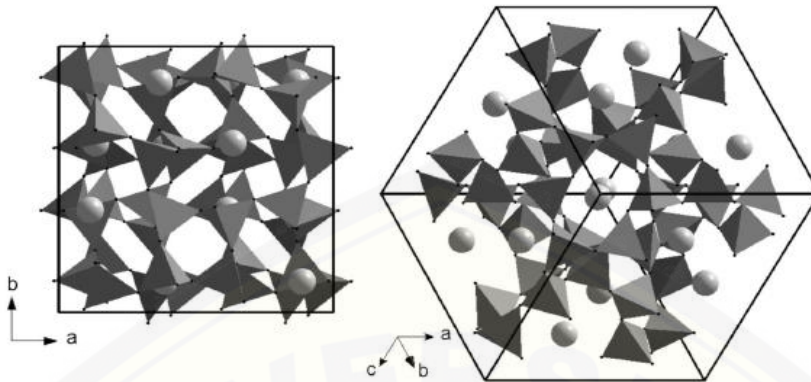
2.1 Leusit

Indonesia mempunyai potensi deposit bahan-bahan mineral seperti felspar, mika (biotit, muskovit dan phlogopit), leusit, dan trakhit yang mengandung K_2O yang relatif cukup tinggi (5 – 10%). Batuan mineral yang mengandung kalium dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu kelompok silikat dan garam. Contoh kelompok silikat adalah leusit yang terdiri dari kalium dan aluminium tektosilikat K ($AlSi_2O_6$). Klasifikasi batuan mineral sumber kalium menurut Warmada, 2004 dapat disajikan sebagai berikut:

Table 2.1. Klasifikasi batuan mineral alami sumber kalium

Kelompok silikat	Rumus kimia	Kelompok garam	Rumus kimia
Orthoclase	$KAlSi_3O_8$	Sylvite	KCl
Sanidine	$KNaAlSi_3O_8$	Arcanite	K_2SO_4
Phlogopite	$KMg_3(AlSi_3O_{10})(OH)_2$	Glasserite	$3K_2SO_4 \cdot N_2SO_4$
Biotite	$K(Mg,Fe)_3(AlSi_3O_{10})(OH)_2$	Cainite	$4KCl \cdot 4MgSO_4 \cdot 11H_2O$
Leucite	$KAlSi_2O_6$	Carnallite	$KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$
Trachyte		Langbeinite	$K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$
		Niter	KNO_3

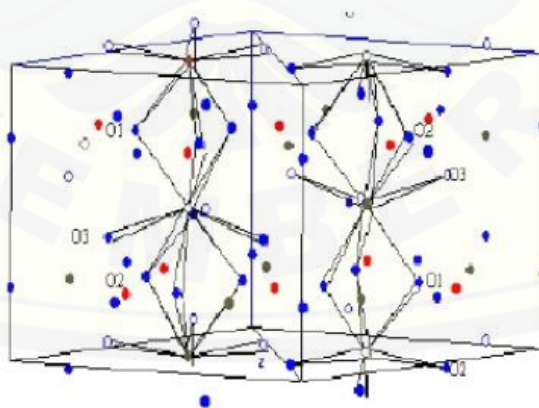
Leusit mempunyai bentuk struktur tetragonal, berwarna hitam dengan bercak kristal putih di dalamnya dan umumnya berada di beberapa batu vulkanik di mana mengkristal dengan struktur kristal kubik pada suhu $900^\circ C$. (Gatta *et.al.*, 2008).



Gambar 2.1. Struktur Kristal Leusit

2.2 Apatit

Batuan fosfat dalam struktur kimianya mengandung mineral dan ion fosfat. Formasi geologi batuan ini seperti batuan beku, sedimen, metamorfik, dan guano. Apatit termasuk golongan mineral asesori dari semua jenis batuan sedimen, metamorf, dan beku. Struktur kristal apatit adalah heksagonal, dengan bentuk kristal yang panjang dan prismatic. Sifat fisik mempunyai warna putih atau putih kehijauan, berwarna hijau, kilap seperti kaca, dan berat jenisnya berkisar 3,15 sampai dengan 3,20 (Warmada, 2004).



Gambar 2.2 Struktur Hidroksi Apatit

Pada gambar 2.2 terlihat bahwa struktur hidroksiapatit adalah heksagonal dengan $a = b = 9,423 \text{ \AA}$ dan $c = 6,881 \text{ \AA}$. Struktur ini merupakan struktur kristal

ideal heksagonal (closed-packed) dari ion PO_4^{2-} yang mengalami distorsi akibat kehadiran unsur Ca^{2+} dan ion OH^- dicelah antara ion-ion PO_4^{2-} .

Kadar fosfor pada batuan dikenal dengan istilah BPL (*bone hosphate of lime*) atau TPL (*triphosphate of lime*). Penentuan ini berdasarkan kandungan P_2O_5 . Mineral fosfat di lingkungan primer dapat terjadi menurut (Straaten, 2002) meliputi:

1. Fluorapatit ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$), ditemukan terutama di lingkungan beku dan metamorfik, misalnya, pada carbonatites, dan mica-pyroxenites,
2. Hidroksi-apatit ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$), ditemukan di lingkungan beku, metamorfik tetapi juga dideposit biogenic
3. Karbonat-hidroksi-apatit ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$), ditemukan terutama di pulau-pulau dan di gua-gua, seperti bagian dari kotoran burung dan kelelawar, guano,
4. Francolite ($\text{Ca}_{10-x-y}\text{NaxMgy}(\text{PO}_4)_6_z(\text{CO}_3)_z\text{Fo.4zF}_2$). Apatit yang tersubstitusi karbonat ini ditemukan terutama di lingkungan laut, dan, pada tingkat yang jauh lebih kecil, juga dalam pelapukan lingkungan.

2.3 Mikroorganisme Pelarut fosfat

Mikroorganisme pelarut fosfat terdiri dari kelompok bakteri dan fungi. Jumlah populasi bakteri pelarut fosfat dapat mencapai 12 juta organisme per gram, sedangkan fungi pelarut fosfat berkisar 20 ribu sampai dengan 1 juta per gram tanah. (Alexander, 1977). Mikroorganisme ini dapat ditemukan pada kedalaman 25 cm dari permukaan tanah dan hidup di sekitar perakaran tanaman. Keberadaan, jumlah, dan aktifitas mikroorganisme berhubungan erat dengan banyaknya jumlah bahan organik disekitarnya. Jumlah mikroorganisme pelarut fosfat didalam tanah berkisar 0,1% sampai dengan 0,5% dari total populasi mikroorganisme.

Kepadatan mikroba dan keragaman struktur komunitas mikroba lebih tinggi pada rizosfer daripada di non-rhizosfer. Kepadatan mikroba berkorelasi positif dengan eksudat organik dan berkorelasi negatif dengan pH larutan kultur. Hasil penelitian Jing Chen, Zong 2016 menunjukkan bahwa ada perbedaan dalam

struktur masyarakat mikroba dalam rhizosfer spesies tanaman yang sama, namun perbedaan ini jauh lebih kecil daripada di antara spesies tanaman yang berbeda.

Kemasaman tanah sangat mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme pelarut fosfat. Pada pH masam terutama rentang pH 5-5,5 aktivitas mikroorganisme didominasi oleh kelompok fungi tetapi akan menurun jika pH mengalami peningkatan. Bentuk fungi dalam tanah adalah miselium vegetatif ataupun spora (Waksman dan Starkey, 1981).

2.4 Mikroorganisme pelarut kalium

Beberapa bakteri yang dapat melarutkan kalium berasal dari jenis *Bacillus sp.*, *Paenibacillus isp.*, *B. mucllaginosus* dan *B. edaphicus*. Sedangkan bakteri yang berperan dalam siklus kalium diantaranya adalah *Pseudomonas* dan *Bacillus* dimana diketahui bahwa kedua bakteri tersebut dapat melarutkan kalium dari bentuk silika (Angraini *et.al.*, 2016). Menurut penelitian Suyono dan Salahudin (2011) ada bakteri yang memiliki karakteristik tersendiri yang membedakan dengan bakteri lainnya yaitu *Pseudomonas sp.* Karakteristik tersebut adalah merupakan bakteri gram negatif, berbentuk batang atau kokus, aerob obligat, motil mempunyai flagel polar, oksidase positif, katalase positif, nonfermenter dan tumbuh baik pada suhu 4°C atau dibawah 43°C. Keberadaanya dapat ditemukan di tanah, tanaman, dan air. Sriningsih dan Shovitri (2015) menyebutkan secara umum mengenai *Pseudomonas sp.* bahwa bakteri ini tidak memiliki enzim hidrolitik tetapi memiliki sistem *inducible* operon yang mampu menghasilkan enzim tertentu dalam metabolisme sumber karbon yang tidak dapat digunakan.

2.5 Kemampuan Bakteri Melarutkan Fosfat dan Kalium

Fosfat di dalam tanah dapat berbentuk anorganik dan organik. Fosfat anorganik berasal dari mineral yang mengandung fosfat dan fosfat organik berasal dari bahan organik. Senyawa fosfat dapat dilarutkan mikroorganisme pelarut fosfat melalui reaksi kimia dan biologis. Mekanisme pelarutan fosfat secara kimia dilakukan mikroorganisme melalui cara mengeluarkan asam-asam organik

berbobot molekul rendah. Asam organik tersebut diantaranya formiat, glutamate, oksalat, propionate, glikolat, suksinat, tartrat, α -ketoglutarat, sitrat, laktat, asetat, glioksilat, fumarat, dan malat. (Illmer dan Schinner, 1992; Alexander, 1977). Mekanisme pelarutan fosfat secara biologis dapat terjadi jika mikroorganisme menghasilkan enzim seperti enzim fosfatase (Lynch, 1983) dan enzim fitase (Alexander, 1977). Fosfatase dikeluarkan oleh akar tanaman dan mikroorganisme apabila ketersediaan fosfat rendah, namun fosfatase di dalam tanah yang lebih dominan dihasilkan oleh mikroorganisme (Joner *et al.*, 2000).

Penelitian Bevan and D. Savage (1989) menunjukkan adanya asam organik meningkatkan kelarutan K dari mineral. Hasil penambahan asam oksalat meningkatkan kelarutan K-feldspar pada kondisi pH 4 dan 9, hasil riset tersebut mengindikasikan bahwa mekanisme pelarutan feldspar yang meningkat bukanlah karena preferensial kompleksasi aluminium, tetapi dengan meningkatkan kelarutan keseluruhan feldspar pada area pH netral.

Suatu bahan organik setelah dekomposisi menghasilkan asam seperti asam sitrat, asam format, asam malat, asam oksalat. Asam organik ini diproduksi, meningkatkan pembubaran senyawa potasium dengan mensuplai proton dan ikatannya karbonilnya berikatan dengan ion Ca^{2+} membentuk senyawa kompleks. Penelitian Sheng, 2003 menunjukkan senyawa organik yang dihasilkan oleh mikroorganisme seperti asetat, sitrat dan oksalat dapat meningkatkan pembubaran mineral di tanah. Pelarutan Kalium terjadi dengan pembentukan kompleks antara asam organik dan ion logam (Fe^{2+} , Al^{3+} dan Ca^{2+}).

Karakteristik mikroorganisme dan sumber karbon mempengaruhi jenis asam organik yang dihasilkan. Kehadiran asam organik dapat menurunkan nilai pH. *Penicilium frequentans* menghasilkan asam oksalat, sitrat, dan asam gluconic dalam jumlah besar dan merupakan agen yang kuat untuk melarutkan K dari feldspar, biotite dan phyllosilicates, (Torre *et al.*, 1993).

2.6 *Bioleaching* oleh bakteri

Bakteri melakukan mekanisme *bioleaching* dengan cara menyerang permukaan mineral, membuat lingkungan mikro dengan konsentrasi ligan, suasana asam, dan aktivitas redoks sehingga meningkatkan inisiasi dan reaksi pertukaran. Mursyida *et.al.*, 2015 dalam penelitiannya menjelaskan bakteri pelarut kalium dapat merubah mineral *K-bearing* tidak terlarut seperti mika, illite dan *orthoclases* menjadi terlarut dan membawa ion K^+ ke dalam larutan dengan mengeluarkan asam organik atau produk dari kapsuler *pholysaccaride*. Kemampuan bakteri melapukkan mineral kalium melibatkan produksi proton, asam organik, siderophores dan ligan organik. (Shanware *et.al.*, 2014)

2.7 Media Selektif Bakteri Pelarut fosfat dan kalium

Mikroba dapat diinokulasikan ke dalam tanah atau akar tanaman dengan medium pembawa. Media pembawa diantaranya kompos, humik atau bahan organik yang dapat berperan sebagai sumber energi bagi mikroba. Senyawa humik dapat digolongkan berdasarkan kelarutannya dalam air, basa, dan asam antara lain: asam humik, asam krenik dan apokrenik, dan humin. (Tan, 1998). Senyawa humik mempunyai karakteristik utama dalam berinteraksi. Jenis interaksi yang dapat terjadi dengan ion logam, oksida, hidroksida, mineral organik, dan bahan pencemar beracun membentuk asosiasi yang larut air maupun tidak (Schnitzer, 1997).

Mikroba mempunyai media selektif untuk isolasi tergantung jenis dan spesiesnya. Mikroba pelarut fosfat mempunyai media selektif *Pikovskaya* sedangkan mikroba pelarut kalium menggunakan *Aleksandrov*. Kualitas kelarutan fosfat dari sumber fosfat sukar larut dapat diidentifikasi dari luas dan jernih pembentukan daerah bening. Media *Pikovskaya* dan *Aleksandrov* dapat dimodifikasi untuk mendapatkan strain mikroba yang bisa melarutkan fosfat dan kalium dengan berbagai sumber macam batuan.

2.8 Scanning Electron Mikroskope (SEM)

Pelarutan suatu mineral merupakan suatu reaksi difusi dimana terjadi penyingkiran atom penyusun pada permukaan mineral. Perubahan struktur ini dapat diketahui menggunakan pemindaian *scanning electron microscope* (SEM) (Shang *et al*, 2017). Ada tiga metode rekonstruksi permukaan dimensi yang diperlukan untuk mendapatkan tiga dimensi informasi dari gambar SEM dua dimensi diantaranya : single-view metode, multi-view metode, dan metode hibrida. Metode pandangan Single digambarkan sebagai metode bentuk-fromshading, menghitung informasi tiga dimensi berdasarkan satu atau beberapa gambar yang diambil dari sudut pandang yang sama. stereo fotometrik, di mana gambar dengan pencahayaan berbeda atau konfigurasi sensor digunakan untuk menghitung ketinggian permukaan. Multi-view metode menggunakan dua atau lebih gambar yang diambil dari di sudut pandang berbeda untuk merekonstruksi permukaan berdasarkan pada matematika dari proyeksi. Metode ini didasarkan pada penemuan poin pencocokan pada permukaan dalam gambar stereo ditangkap di di sudut berbeda, dan kemudian menghitung kenaikan titik dalam tiga dimensi berdasarkan koordinat dalam gambar dua dimensi. Tidak seperti metode tunggal-view, metode pencocokan stereo yang paling cocok untuk gambar dengan tepi keras atau fitur yang berbeda lainnya. Metode Hybrid menggabungkan aspek kedua tunggal dan multi-view metode, menggunakan metode multi-view untuk menentukan struktur tiga dimensi utama, Metode ini menggunakan metode windowing multi-besaran untuk menolak poin serasi dari gambar stereoskopik, dan kemudian pendekatan baru bentuk-dari-shading yang menggabungkan lokasi detektor dan respon ke dalam algoritma rekonstruksi, dan menggabungkan informasi intensitas baik dari dua gambar terpisah dan dalam satu gambar.

2.9 Hipotesis

Berdasarkan uraian tersebut di atas dapat dirumuskan suatu hipotesis sebagai berikut :

1. Terjadi proses pelarutan kalium dan fosfor oleh bakteri BPK dan BPF ditunjukkan hasil analisa pH, fosfor, dan kalium
2. Terjadi perubahan morfologi pada permukaan batuan yang ditunjukkan hasil SEM
3. Bakteri pelarut fosfat dan kalium menghasilkan asam-asam organik yang berguna mempercepat proses pelarutan mineral.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini dimulai dengan rentang waktu Mei 2017 sampai bulan April 2018. Analisa periodik meliputi analisa pH, fosfor (larut air dan olsen), dan kalium (larut air dan asam sitrat 2%) selama 12 minggu dengan interval waktu 2 minggu sekali. Proses analisis dilakukan di Laboratorium Biologi, Kesuburan Tanah Fakultas Pertanian, dan Laboratorium Farmasi Universitas Jember.

3.2 Bahan dan Alat

Bahan percobaan meliputi: Leusit Ringgit yang berasal dari Gunung Ringgit-Situbondo dan Leusit Pati yang berasal dari Gunung Muria-Jawa Tengah, dan apatit berasal dari Ciamis dan Tuban. Senyawa humat berasal dari ketela pohon dengan spesifikasi kandungan C organik 2133 ppm, kemudian dibuat konsentrasi C organik 100 ppm. Hasil ini merupakan hasil terbaik dari penelitian sebelumnya tentang penggunaan beberapa senyawa humat dengan variasi konsentrasi C organik (Setiawati *et al*, 2017). Bakteri merupakan bakteri pelarut fosfat (BPF) dan bakteri pelarut kalium (BPK). Kedua bakteri (BPK dan BPF) telah diidentifikasi, purifikasi, dan karakterisasi merupakan jenis *Pseudomonas putida*. Media Aleksandrov untuk bakteri pelarut kalium (glukosa, $Mg_2SO_4 \cdot 7H_2O$, $CaCO_3$, Ca_3PO_4 , $FeCl_3$, K_2HPO_4 dan agar) dan media Pikosvaya untuk bakteri pelarut fosfat ($Ca_3(PO_4)_2$, $(NH_4)SO_4$, NaCl, $MgSO_4$, KCl, Glukosa, Ekstrak ragi, $MnSO_4$, $FeSO_4$). Sedangkan alat yang digunakan dalam percobaan meliputi: cawan petri, tabung reaksi, pipet mikro, tabung reaksi, lemari es, erlenmeyer, mesin penggojog, coloni counter, autoclave, incubator, laminar air flow, hot plate, spektrofotometer, AAS, pH meter, HPLC, dan SEM.

3.3 Metode Penelitian

Tujuan percobaan ini untuk mengetahui efektivitas pelarutan agromineral oleh kombinasi mikroba dan asam humik ketela pohon. Rancangan acak lengkap (RAL) dengan faktor tunggal digunakan sebagai desain penelitian ini. Tiap perlakuan diulang tiga kali. Apabila berbeda nyata diuji lanjut menggunakan uji Duncan dengan tingkat kepercayaan 5%. Adapun rancangan yang dilakukan pada penelitian ini tersaji dalam tabel berikut:

Tabel 3.1. Rancangan perlakuan percobaan

No	Perlakuan	Kode
1	Leusit Situbondo + Kontrol	LSK
2	Leusit Situbondo + Humik singkong	LSH
3	Leusit Situbondo + BPK+Humik Singkong	LSBH
4	Leusit Situbondo + BPK + BPF+Humik Singkong	LSBBH
5	Leusit Pati + Kontrol	LPK
6	Leusit Pati +Humik Singkong	LPH
7	Leusit Pati + BPK +Humik Singkong	LPBH
8	Leusit Pati + BPK + BPF+Humik Singkong	LPBBH
9	Apatit Tuban + Kontrol	ATK
10	Apatit Tuban + Humik Singkong	ATH
11	Apatit Tuban + BPF+Humik Singkong	ATBH
12	Apatit Tuban +BPK + BPF+Humik Singkong	ATBBH
13	Apatit Ciamis + Kontrol	ACK
14	Apatit Ciamis +Humik Singkong	ACH
15	Apatit Ciamis + BPF+Humik Singkong	ACBH
16	Apatit Ciamis + BPK + BPF+Humik Singkong	ACBBH

3.4 Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Persiapan batuan mineral

Batuan mineral rock fosfat dan leusit yang berupa bongkahan dihaluskan. Semua specimens diautoclave pada 121 °C selama 20 menit dan dikeringkan di desikator selama 1 jam.

3.4.2 Persiapan isolat

Mikroba pelarut fosfat diremajakan pada media selektif Pikovskaya, sedangkan mikroba pelarut kalium diremajakan pada media selektif modified Alexandrovs (keduanya koleksi Laboratorium Biologi Tanah Universitas Jember)

3.4.3 Persiapan humik

Senyawa humik yang digunakan berasal dari ketela pohon, diukur pH larutan, K dan Corganik. Kemudian ditetapkan konsentrasinya 100 ppm dalam 500 ml larutan sesuai hasil terbaik penelitian sebelumnya.

3.4.4 Aplikasi

Sebanyak 25 g agromineral disiapkan dalam botol kaca, diinokulasi dengan 50 mL NB yang mengandung sel isolat sesuai dengan perlakuan. Dilakukan penambahan senyawa humik ketela pohon dengan konsentrasi 100 ppm. Medium total dari setiap botol 500 mL mengandung 0,1 M NaCl, 0,4 % (w/v) glukosa, dan 0,1 % (w/v) ekstrak yeast. Analisa kelarutan secara kuantitatif dilaksanakan setiap 2 minggu terhadap pH, P (larut air dan Olsen) dan K (larut air dan asam sitrat). Untuk mengetahui aktivitas weathering dari mikroba terhadap mineral, dilakukan analisis terhadap permukaan mineral dengan menggunakan *Scanning electron microscope* (SEM) sesuai prosedur pada akhir percobaan. Selain itu dilakukan re-isolasi dan penghitungan jumlah mikroba dengan metode plate count pada media selektif Pikovskaya dan modified Aleksandrovs.

3.4.5 Inokulasi Bakteri

Proses inokulasi dilakukan pada media dengan dosis tertentu untuk bakteri pelarut fosfat, bakteri pelarut kalium, dan aquadest. Seminggu setelah inokulasi dilakukan *plate count* untuk melihat bakteri dapat tumbuh atau tidak. Apabila bakteri tumbuh, maka proses aplikasi dapat dilakukan seminggu kemudian. Jika bakteri tidak tumbuh, maka perlu dilakukan inokulasi dan dilakukan *plate count* kembali. (BPPT, 2007)

3.4.6 Analisis pendahuluan

3.4.6.1 Kandungan kalium dan fosfat pada mineral leusit dan apatit

Hasil analisa diperoleh leusit Situbondo mempunyai kandungan K_2O sebesar 10,1 %, dan Leusit Pati mempunyai kandungan K_2O sebesar 11,3 %. Apatit Tuban mempunyai kandungan fosfor dalam bentuk P_2O_5 sebesar 12,8 % dan Apatit Ciamis sebesar 12%

3.4.6.2 Populasi bakteri yang digunakan

Bakteri pelarut fosfat dibiakkan pada media *Pykosvkaya* dan bakteri pelarut kalium menggunakan media Aleksandrovs. Kerapatan bakteri yang digunakan ditunjukkan sebagai berikut (tabel 3.2):

Tabel 3.2. Populasi Bakteri pada Penelitian

Jenis Bakteri	Satuan	Populasi
<i>Bakteri Pelarut fosfat.</i>	CFU/ml	$2,10 \times 10^7$
<i>Bakteri Pelarut kalium</i>	CFU/ml	$1,61 \times 10^7$

3.4.7 Penetapan asam organik dari BPF dan BPK

Analisa asam organik dilakukan dengan memodifikasi metode yang digunakan oleh Setiawati & Mutmainnah (2016) yakni memodifikasi pertumbuhan isolat BPK pada media Aleksandrovs cair, dan BPF menggunakan Pikosvkaya, diinkubasikan selama 5 hari. Pada akhir inkubasi kultur di sentrifugasi pada putaran 6000 rpm, selama 25 menit. Filtrat yang diperoleh digunakan untuk menentukan kadar asam-asam organik. Penetapan dilakukan dengan HPLC (*High Performance Liquid Chromatography*).

3.4.8 Analisa permukaan leusit dan apatit menggunakan *scanning electron microscope* (SEM)

Analisis dilakukan dengan melakukan sentrifugasi larutan suspensi pada percobaan pelarutan, sehingga supernatan akan terpisah dengan butir leusit dan apatit. Butir leusit dan apatit dikering anginkan dan ditempelkan pada *specimen holder*, kemudian diletakkan pada alat *sputter coater* untuk dilakukan proses

vacum coating. *Specimen holder* dimasukkan dalam *stage microscope* setelah proses *vacum coating* selesai dan selanjutnya dapat dilakukan *scanning*.

3.4.9 Analisa C organik metode Kurmis (Kolorimeter)

Analisa C organik dianalisa dengan cara mengambil ekstrak sampel sejumlah 1 ml, diletakkan kedalam labu ukur 100 ml. Selanjutnya menambahkan 5 ml $K_2Cr_2O_7$ 2N, kemudian dikocok. Lakukan penambahan 7,5 ml H_2SO_4 pekat, dan didiamkan selama 30 menit. Setelah itu lakukan penambahan aquadest sampai tanda batas labu ukur. Mekanisme reaksi yang terjadi adalah karbon sebagai senyawa organik mereduksi Cr^{6+} menjadi Cr^{3+} dalam suasana asam. Kadar karbon dapat diukur dengan melihat intensitas warna hijau yang terbentuk dengan menggunakan Spektrofotometer pada panjang gelombang 561 nm. (BPPT, 2012). Konsentrasi C organik dihitung dengan persamaan:

$$\text{Kadar C-Organik (\%)} = \frac{\frac{ml \text{ ekstrak}}{gram \text{ contoh}} \times ppm \text{ kurva}}{10,000} \times faktor \text{ pengenceran}$$

Ppm kurva = konsentrasi contoh yang diperoleh dari kurva hubungan antara pembacaan konsentrasi deret standar dengan pembacaan sampel mengikuti Hukum Lambert Beer.

10000 = Faktor konversi satuan ppm menjadi persen

3.4.10 Penetapan Kalium dengan AAS

Analisa kalium dilakukan dengan cara mengambil ekstrak sebanyak 1ml, dimasukkan tabung reaksi kemudian menambahkan larutan aquadest sebanyak 9 ml. Larutan kemudian dihomogenkan menggunakan vortex. Membuat deret standar kalium menggunakan standar induk 1000 ppm dengan interval standart yang ditentukan. Mengukur nilai absorbansi deret standar dan sampel menggunakan AAS. (BPPT, 2012). Kadar kalium dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kadar K (\%)} = \frac{\frac{ml \text{ ekstrak}}{gram \text{ contoh}} \times ppm \text{ kurva}}{10,000} \times faktor \text{ pengenceran}$$

Ppm kurva = konsentrasi contoh yang diperoleh dari kurva hubungan antara pembacaan konsentrasi deret standar dengan pembacaan sampel mengikuti Hukum Lambert Beer.

10000 = Faktor konversi satuan ppm menjadi persen

3.4.11 Penetapan Fosfor tersedia metode Olsen

Analisa Kalium dianalisa sesuai metode BPPT, 2012. Sebanyak 1ml ekstrak, ditambah pengekstrak Olsen sebanyak 9 ml, kemudian dikocok selama 5 menit. Lakukan penyaringan sampai diperoleh ekstrak yang jernih, ambil 2 ml ekstrak kedalam tabung reaksi. Sampel dan deret standard ditambahkan pereaksi posfat sebanyak 10 ml, dikocok dan dibiarkan 30 menit. Lakukan pengukuran menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 889 nm. Warna biru molibdat diperoleh dari reaksi dengan ammonium molibdat yang direduksi oleh asam askorbat.

$$ppm \text{ P}_2\text{O}_5 = \frac{ml \text{ ekstrak}}{g \text{ contoh}} \times ppm \text{ kurva} \times faktor \text{ pengenceran}$$

Ppm kurva = konsentrasi contoh yang diperoleh dari kurva hubungan antara pembacaan konsentrasi deret standar dengan pembacaan sampel mengikuti Hukum Lambert Beer.

3.5 Variabel Pengamatan

Variabel yang diamati meliputi:

Tabel 3.3 Variabel yang diamati

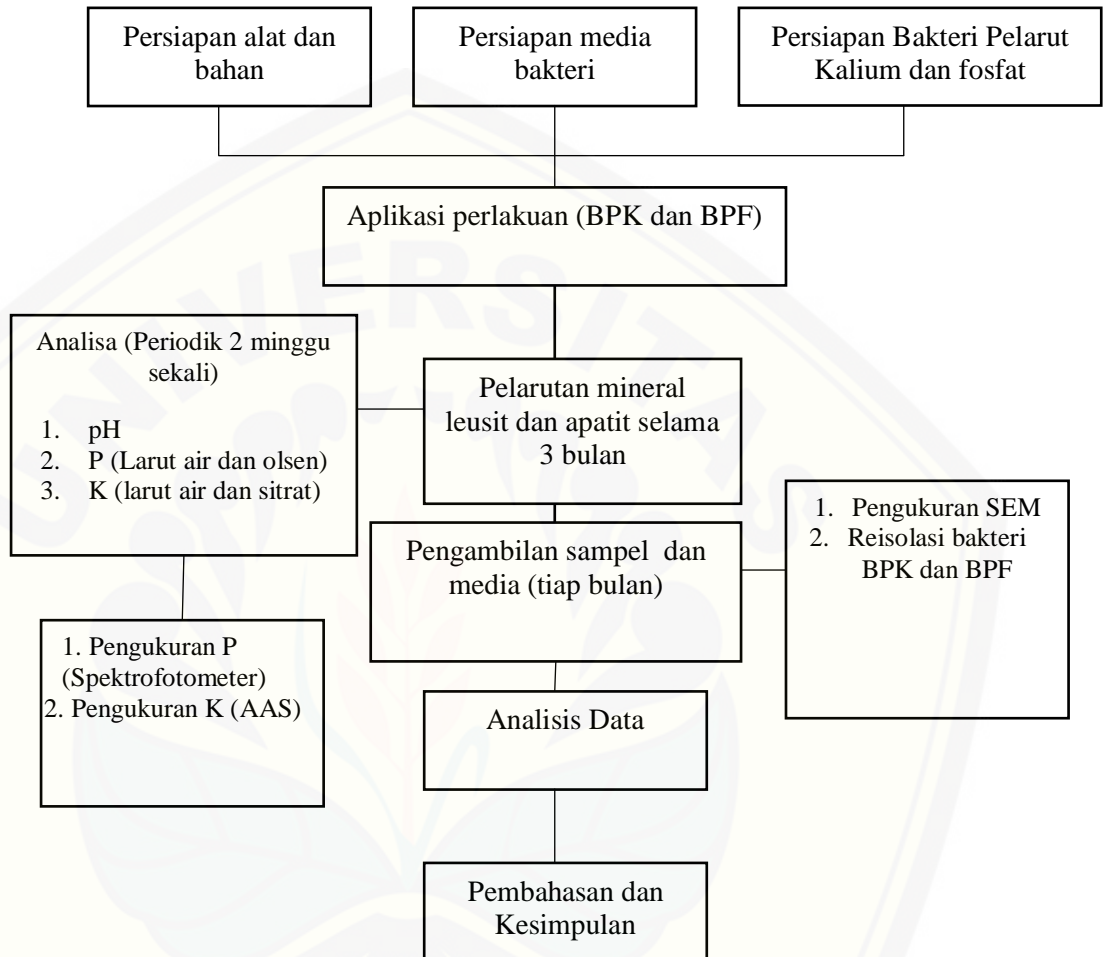
Variabel	Metode	Waktu Pengamatan
pH	pH Meter	periodik
P	HCl 25 %	awal
K	HCl 25 %	awal
Asam organik humik	HPLC	Awal
Corg humik	Kolorimetri	awal
Metabolit asam organik bakteri	HPLC	awal
Ptersedia	Olsen	Periodik
Ktersedia	AAS	Periodik
Aktivitas weathering	SEM	Awal dan akhir

3.6 Analisa Data

Hasil penelitian yang diperoleh dari hasil analisis laboratorium kemudian dianalisis sesuai dengan rancangan yang digunakan yaitu RAL faktor tunggal. Data hasil pengamatan akan dianalisis lanjut secara statistika dengan sidik ragam. Jika terdapat perlakuan yang berbeda nyata perlu dilakukan uji lanjut dengan menggunakan uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT), taraf kepercayaan yang digunakan 95%.

3.7 Diagram Alir Penelitian

Berikut merupakan diagram alir penelitian:



V. Kesimpulan

5.1 Kesimpulan

Hasil penelitian yang sudah dilakukan memberikan beberapa kesimpulan diantaranya sebagai berikut:

1. Proses pelarutan P terbesar larut air diperoleh pada minggu ke 4 sebesar 344,23 ppm untuk apatit Tuban dengan kombinasi senyawa humik ketela pohon dan bakteri (pelarut kalium dan fosfat). Pelarutan kalium terbesar larut air diperoleh pada minggu ke 6 untuk leusit Situbondo 44,21 me/100 g dengan kombinasi senyawa humik ketela pohon dan Bakteri pelarut kalium.
2. Hasil SEM menunjukkan terjadi kerusakan permukaan batuan setelah masa penelitian 3 bulan yang mengindikasikan terjadi pelarutan.
3. Asam organik yang dihasilkan oleh bakteri pelarut fosfat, kalium dan humik ketela pohon antara lain asam sitrat, ferulat, khumarat, siringat, malat.

5.2 Saran

Untuk mengetahui secara menyeluruh interaksi bakteri dengan mineral dalam proses pelarutan kalium dan fosfor perlu juga dilakukan uji lanjutan terhadap protein, polisakarida dan biofilm sehingga dapat digambarkan proses perkembangan hidup bakteri.

DAFTAR PUSTAKA

- Alexander, M. 1977. Introduction to soil microbiology 2nd willey eastern limited, new delhi
- Angraini, E., N. R. Mubarik., dan R. Widyastuti. 2016. Study of Potassium Solubilizing Bacteria from Limestone Mining Area in Palimanan, Cirebon Quarry. *Microbiology*, 12(1): 62-68
- Anjanadevi IP, John NS, John KS, Jeeva ML & Misra RS (2016). Rock inhabiting potassium solubilizing bacteria from Kerala, India: characterization and possibility in chemical K fertilizer substitution. *Journal of Basic Microbiology* 56(1),67-77.
- Archana DS, Nandish MS, Savalagi VP, Alagawadi AR. 2013. Characterization of potassium solubilizing bacteria (KSB) from rhizosphere soil. *Bioinfolet*. 10(1):248-257
- Badr, M.A., 2006, Efficiency of K-feldspar combined with organic materials and silicate dissolving bacteria on tomato yield. *Journal of Applied Science Research*, 2(12): 1191
- Basak BB, Biswas DR. 2012. Modification of Waste Mica for Alternative Source of Potassium: Evaluation of Potassium Release in Soil from Waste Mica Treated with Potassium Solubilizing Bacteria (KSB). Academic Publishing.
- BPPT, 2007, Metode analisis biologi Tanah, Balai besar Litbang sumber daya lahan pertanian, Bogor
- BPPT, 2012, Petunjuk Teknis Analisis Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk, Balai Penelitian Tanah, Bogor
- Etesami H, Emami S, Alikhani HA. 2017. Potassium solubilizing bacteria (KSB): Mechanisms, promotion of plant growth, and future prospects. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 17(4):897-911
- Gatta, G. D., N. Rotiroti, T. B. Ballaran and A. Pavese. 2008. Leucite at High Pressure : Elastic Behavior, Phase Stability, and Petrological Implications. *American Mineralogist*, 93: 1588-1596.
- Ginting, R.C.B., R. Saraswati, dan E. Husen. 2016. Bakteri pelarut Fosfat (Pengantar). <http://www.anakagronomy.com/2016/01/bakteri-pelarut-fosfat-pengantar.html>. Diakses pada tanggal 15 Mei2017.

- Glick BR (2012). Plant growth-promoting bacteria: mechanisms and applications. *Scientifica* 2(1), 34-39.
- Huang Z, He L, Sheng XF, He Z. 2013. Weathering of potash feldspar by *Bacillus* sp. L11. *Acta Microbiologica Sinica Journal*. 5(3):1172-1178.
- Illmer, P. and F. Schinner. 1992. Solubilization of inorganic phosphate by microorganisms isolated from forest soils. *Soil Biol. Biochem.* 24(4): 389-395.
- Irawan, Setyorini D, Rochayati S. 2017. Proyeksi Kebutuhan Pupuk Sektor Pertanian Melalui Pendekatan Sistem Dinamis. Bogor (ID): Balai Penelitian Tanah.
- Ismangil, Eko Hanudin. 2005. Degradasi mineral batuan oleh asam-asam organik, *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan Vol 5 (1) 2005*, p:1-17
- Johnston AE (2013). *Understanding potassium and its use in agriculture*. United Kingdom (GB), European Fertilizer Manufacturers Association.
- Joner EJIM, Arle IM and Vosatka. 2000. Phosphate Activity of Extraradical Arbuscular Mycorrhizal Hyphae. *J. Biol. Biochem.* **226**, 199-207.
- Kukiattrakoon, 2010, Elemental and surface changes of fluorapatite/leucite porcelain upon immersion in acidic agent, www.e-jds.com
- Liu W, Xu X, Wu X, Yang Q, Luo Y, Christie P. 2006. Decomposition of silicate minerals by *Bacillus mucilaginosus* in liquid culture. *Environmental Geochemistry and Health*. 28 (1):133-140.
- Lynch, J.M. 1983. *Soil Biotechnology*: Blackwell Sci. Pub. Co., London. p191
- Mahmudah. 2002. Penggunaan Media Cair Senyawa Humik Guna Menguji Viabilitas dan Kapabilitas Bakteri Pelarut Fosfat Pada Tanah Ultisol dan Inceptisol. *Skripsi*. Fakultas Pertanian UNEJ, Jember
- Maier, R.M, I.L. Pepper & C.P Gerba. 2000. *Environmental microbiology*, Academic Press, San Diago: xix + 585 hlm.
- Man LY, Cao XY & Sun DS (2014). Effect of potassium-solubilizing bacteria-mineral contact mode on decomposition behavior of potassium-rich shale. *China Journal Nonferrous Metals* 2(4),48-52.
- Marista Etha, K Siti, & L Riza (2013). Bakteri pelarut fosfat hasil isolasi dari tiga jenis tanah rizosfer tanaman pisang nipah (*Musa paradisiaca var nipah*) di Kota Singkawang. *Protobiont* 2 (2), 93-101.

- Meena, V. S., B. R. Maurya, dan I. Bahrudur. 2016. Potassium Solubilization By Bacterial Strain In Waste Mica. *Bangladesh J. Bot*, 43 (2) : 235-237
- Mo B, Lian B. 2011. Interaction between *Bacillus mucilaginosus* and silicate minerals (weathered adamellite and feldspar): weathering rate, products, and reaction mechanisms. *Chinese Journal Geochemical*. 30(1):187-192.
- Mursyida, E., N. R. Mubarik., and A. Tjahjoleksono. 2015. Selection and Identification of Phosphate-Potassium Solubilizing Bacteria from the Area Around the Limestone Mining in Cirebon Quarry. *Microbiology*, 10 (6): 270-279.
- Nath D, BR Maurya & VS Meena (2017). Documentation of five potassium and phosphorus solubilizing bacteria for their K and P-solubilization ability from various minerals. *Biocatal Agric Biotechnol* 10, 174-181.
- Nugroho PA (2015). Dinamika hara kalium dan pengelolaannya di perkebunan karet. *Warta Perkebunan* 34(2), 89-102.
- Padma SD & Sukumar J (2015). Respones of mulberry to inoculation of potash mobilizing bacterial isolate and other bio-inoculants. *Global Journal of Bioscience and Biotechnologi* 4(1), 50-53.
- Parmar P, Sindhu SS. 2013. Potassium solubilization by rhizosphere bacteria: influence of nutritional and environmental conditions. *J Microbiol*. 3(1): 25-31.
- Saha M, BR Maurya, VS Meena, I Bahadur & A Kumar (2016). Identification and Characterization of potassium solubilising bacteria (KSB) from indo-gangetic Plains of India. *Biocatal Agric Biotechnol* 7, 202-209.
- Santi L.P & D H Goenadi (2017). Solubilization of silicate from quartz mineral by potential silicate solubilizing bacteria. *Menara Perkebunan* 85(2), 95-104.
- Santi L P, D H Goenadi, Siswanto, I Sarlah & Isroi (2000). Solubilization of insoluble phosphates by *Aspergillus niger*. *Menara Perkebunan* (68),2
- Schnitzer, M. 1997. Pengikatan Bahan Humat Oleh Koloid Mineral Tanah. *Dalam* Huang, P. M Dan Schnitzer, M. (ed). *Interaksi Mineral Tanah Dengan Organik Alami Dan Mikroba. Terjemahan*. Didiek H. Goenadi. Gadjahmada University Press, Yogyakarta

- Setiawati, T. C., and Mutmainnah L. 2016. Solubilizing of Potassium Containing Mineral by Microorganisms From Sugarcane Rhizosphere. *Procedia*, 9: 108-117.
- Setiawati TC, M Mandala & MH Pandutama (2017). *Bioleaching agromineral fosfat dan kalium oleh mikrobia fungsional dan asam humik guna peningkatan ketersediaan hara P dan K tanah. Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi*. Jember. Universitas Jember.
- Shang, et all, 2017 , A hybrid 3D SEM reconstruction method optimized for complex geologic material surfaces School of Civil Engineering and Environmental Science, University of Oklahoma, United States, www.elsevier.com/locate/micron.
- Shanware, A. S., S. A. Kalkar., and M. M. Trivedi. 2014. Potassium Solubilisers: Occurrence, Mechanism and Their Role as Competent Biofertilizers. *Current Microbiology and Applied Sciences*, 3 (9): 622-629.
- Shelobolina E, Xu H, Konishi H, Kukkadapu R, Wu T, Blothe M & Roden E (2012). Microbial lithotrophic oxidation of structural Fe (II) in biotite. *Applied and Environmental Microbiology* 78(1), 5746-5752.
- Sheng XF, Huang WY. 2003. Study on the conditions of potassium release by strain NBT of silicate bacteria scientia. *Agric-Sin*. 35(6): 673-677.
- Sheng XF, He LY. 2006. Solubilization of potassium bearing minerals by a wild-type strain of *Bacillus edaphicus* and its mutants and increased potassium uptake by wheat. *Can J Microbiol*. 52(1): 66-72.
- Sriningsih, A. dan M. Shovitri. 2015. Potensi Isolat Bakteri *Pseudomonas* sebagai Pendegradasi Plastik. *Sains dan Seni ITS*, 4(2): 67-70.
- Straaten, Vp, 2002 *Rocks for crops:Agrominerals of sub-saharan Africa*, University of Guelph , Canada.
- Suyono Y., dan F. Salahudin. 2011. Identifikasi dan Karakteristik Bakteri *Pseudomonas* pada Tanah yang Terindikasi Terkontaminasi Logam. *Bipropal Industri*, 2(1): 8-13.
- Tan, K. H. 1995. *Dasar-dasar kimia tanah*. UGM Press. Yogyakarta
- [Tekmira] Teknologi Mineral dan Batubara. Feldspar [internet]. Tersedia pada:<http://www.tekmira.esdm.go.id/data/Feldspar/ulasan.asp?xdir=Feldspar&commId=12&comm=Feldspar> (diakses 31 November 2017).

- Torre, M. A. D. L, Gonzalo Gomez-Alarcon, Carmen Vizcaino and M. Teresa Garcia. 1993. Biochemical mechanisms of stone alteration carried out by filamentous fungi living in monuments . *Biogeochemistry* 19:129-147.
- Wahyudi A, and Tatang Wahyudi. 2013. *Literature Study of benefiting k-bearing silicate rocks as raw materials for potassium fertilizer*. *Indonesian Mining Journal* Vol. 16, No. 2, June 2013 : 101 – 110
- Waksman, S.A. and R.L. Starkey. 1981. *The Soil and The Microbe*. John Wiley and Sons, Inc. New York.
- Warmada, I W., and Titisari, A.D., 2004, *Agromineralogi (Mineralogi untuk Ilmu Pertanian)*, Universitas Gajah Mada.
- Widiastuti H, D H Goenadi, T Panji, L P Santi, P Faturachim, N Mardiana, I Harianto, & Isroi. (2000). Bioactivation of phosphate rocks by Indigenous phosphate-solubilizing fungi. *Menara Perkebunan* 68(1),39-52
- Xiao Y, Wang X, Chen W & Huang Q (2017). Isolation and identification of three potassium-solubilizing bacteria from rape rhizospheric soil and their effects on ryegrass. *Geomicrobiology Journal* 1(1), 1-8.
- Zhang C & Kong F (2014). Isolation and identification of potassium-solubilizing bacteria from tobacco rhizospheric soil and their effect on tobacco plants. *Applied Soil Ecology* 82(1), 18-25.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Sertifikat hasil seminar Internasional Plant Industry



Lampiran 2. Publikasi di jurnal Menara Perkebunan (Terakreditasi DIKTI Sinta 2)

Menara Perkebunan 87(2), 111-122
p-ISSN: 0215-9318/ e-ISSN: 1858-3768

DOI: <http://dx.doi.org/10.22302/iribb.jur.mp.v87i2.330>
Accreditation Number: 21/E/KPT/2018

Pelarutan P dan K dari batuan leusit dan apatit menggunakan kombinasi senyawa humat-BPF-BPK

Dissolution P and K of leucite and apatite rocks using a combination of humic compounds-PhSB-PSB

M Jimmy KURNIANTA¹⁾, Tri Candra SETIAWATI^{2*)} & Jay JAYUS³⁾

¹⁾ Program Studi Bioteknologi, Pasca Sarjana Universitas Jember, 68121, Indonesia

²⁾ Program Studi Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Jember, 68121, Indonesia

³⁾ Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember, 68121, Indonesia

Diterima tgl 31 Maret 2019/ disetujui tgl 6 Oktober 2019

Abstract

Due to the limited availability of potassium and phosphate in soil and the high price of their synthetic mineral fertilizers, the importance of minerals-solubilizing microorganisms has been increasingly significant aimed at sustainable agriculture achievement. Apatite and leucite are considerably abundant minerals; however, their solubility is low. This study was aimed to study the effects of the combination of phosphate-and

syringic, and malic acids were detected during the treatment.

[Keywords: leucite, apatite, humic compounds, organic acid]

Abstrak

Ketersediaan kalium (K) dan fosfat (P) dalam tanah terbatas, dan harga pupuk sintetik relatif mahal, menjadikan mikroorganisme pelarut mineral memegang peranan penting dalam

Lampiran 3. Hasil analisa pH awal

No	Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-Rata
		1	2	3		
1	LSK	7,26	7,40	7,30	21,96	7,32
2	LSH	7,92	7,86	7,97	23,75	7,92
3	LSBH	6,42	6,60	6,51	19,53	6,51
4	LSBBH	6,18	5,90	6,07	18,15	6,05
5	LPK	7,10	7,17	7,26	21,53	7,18
6	LPH	7,28	7,40	7,33	22,01	7,34
7	LPBH	7,06	6,78	6,89	20,73	6,91
8	LPBBH	7,26	7,31	7,12	21,69	7,23
9	ATK	6,25	6,35	6,13	18,73	6,24
10	ATH	7,29	7,32	7,11	21,72	7,24
11	ATBH	6,25	6,42	6,35	19,02	6,34
12	ATBBH	6,76	6,12	7,01	19,89	6,63
13	ACK	7,48	7,51	7,56	22,55	7,52
14	ACH	7,32	7,28	7,18	21,78	7,26
15	ACBH	6,76	6,94	7,07	20,77	6,92
16	ACBBH	6,40	6,61	6,23	19,24	6,41
Total		110,99	110,97	111,09	333,05	6,94
Rata-rata		6,94	6,94	6,94		

Lampiran 4. Hasil analisa pH minggu ke 2

No	Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-Rata
		1	2	3		
1	LSK	8,66	8,60	8,61	25,87	8,62
2	LSH	8,77	8,71	8,73	26,21	8,74
3	LSBH	8,72	8,78	8,81	26,31	8,77
4	LSBBH	8,33	8,57	8,49	25,39	8,46
5	LPK	7,20	7,15	7,13	21,48	7,16
6	LPH	8,20	8,69	8,45	25,34	8,45
7	LPBH	8,67	8,61	8,68	25,96	8,65
8	LPBBH	8,31	8,50	8,27	25,08	8,36
9	ATK	8,79	8,66	8,69	26,14	8,71
10	ATH	8,78	8,63	8,77	26,18	8,73
11	ATBH	8,68	8,73	8,68	26,09	8,70
12	ATBBH	8,81	8,33	8,85	25,99	8,66
13	ACK	8,60	8,54	8,66	25,80	8,60
14	ACH	8,73	8,59	8,63	25,95	8,65
15	ACBH	8,60	8,43	8,46	25,49	8,50
16	ACBBH	8,79	8,85	8,87	26,51	8,84
Total		136,64	136,37	136,78	409,79	8,54
Rata-rata		8,54	8,52	8,55		

Lampiran 5. Hasil analisa pH minggu ke 4

No	Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-Rata
		1	2	3		
1	LSK	8,70	8,68	8,71	26,09	8,70
2	LSH	8,81	8,79	8,91	26,51	8,84
3	LSBH	8,77	8,80	8,70	26,27	8,76
4	LSBBH	8,30	8,41	8,32	25,03	8,34
5	LPK	8,10	8,21	8,16	24,47	8,16
6	LPH	8,79	8,81	8,78	26,38	8,79
7	LPBH	8,81	8,78	8,80	26,39	8,80
8	LPBBH	8,68	8,51	8,60	25,79	8,60
9	ATK	8,75	8,74	8,80	26,29	8,76
10	ATH	8,75	8,78	8,77	26,30	8,77
11	ATBH	8,84	8,81	8,76	26,41	8,80
12	ATBBH	8,91	8,90	8,78	26,59	8,86
13	ACK	8,77	8,71	8,72	26,20	8,73
14	ACH	8,85	8,84	8,79	26,48	8,83
15	ACBH	8,59	8,41	8,45	25,45	8,48
16	ACBBH	8,15	8,21	8,23	24,59	8,20
Total		138,57	138,39	138,28	415,24	8,65
Rata-rata		8,66	8,65	8,64		

Lampiran 6. Hasil analisa pH minggu ke 6

No	Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-Rata
		1	2	3		
1	LSK	8,88	8,84	8,88	26,60	8,87
2	LSH	9,02	9,09	9,17	27,28	9,09
3	LSBH	8,87	9,03	9,07	26,97	8,99
4	LSBBH	8,34	9,11	8,08	25,53	8,51
5	LPK	8,69	8,67	8,75	26,11	8,70
6	LPH	9,00	8,88	8,82	26,70	8,90
7	LPBH	8,97	8,87	8,90	26,74	8,91
8	LPBBH	8,87	8,75	9,01	26,63	8,88
9	ATK	9,10	8,65	8,71	26,46	8,82
10	ATH	9,14	9,30	9,16	27,60	9,20
11	ATBH	8,99	8,66	8,62	26,27	8,76
12	ATBBH	8,95	8,94	9,08	26,97	8,99
13	ACK	8,76	8,93	8,83	26,52	8,84
14	ACH	8,94	9,02	8,87	26,83	8,94
15	ACBH	8,58	8,67	8,70	25,95	8,65
16	ACBBH	8,38	9,26	8,50	26,14	8,71
Total		141,48	142,67	141,15	425,30	8,86
Rata-rata		8,84	8,92	8,82		

Lampiran 7. Hasil analisa pH 2 minggu ke 8

No	Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-Rata
		1	2	3		
1	LSK	8,88	8,98	8,78	26,64	8,88
2	LSH	9,11	9,20	9,26	27,57	9,19
3	LSBH	9,27	9,09	9,29	27,65	9,22
4	LSBBH	8,72	9,23	8,46	26,41	8,80
5	LPK	8,56	8,91	8,11	25,58	8,53
6	LPH	9,13	9,02	8,92	27,07	9,02
7	LPBH	9,19	9,10	9,01	27,30	9,10
8	LPBBH	8,96	9,05	9,38	27,39	9,13
9	ATK	9,15	8,31	8,88	26,34	8,78
10	ATH	9,20	9,35	9,18	27,73	9,24
11	ATBH	9,08	8,82	8,79	26,69	8,90
12	ATBBH	9,13	8,36	8,93	26,42	8,81
13	ACK	8,99	8,98	8,96	26,93	8,98
14	ACH	9,18	9,04	8,63	26,85	8,95
15	ACBH	8,72	8,96	8,91	26,59	8,86
16	ACBBH	8,66	9,38	8,62	26,66	8,89
Total		143,93	143,78	142,11	429,82	8,95
Rata-rata		9,00	8,99	8,88		

Lampiran 8. Hasil analisa pH minggu ke 10

No	Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-Rata
		1	2	3		
1	LSK	8,91	9,17	8,89	26,97	8,99
2	LSH	9,17	9,22	9,20	27,59	9,20
3	LSBH	9,33	9,01	9,30	27,64	9,21
4	LSBBH	8,75	9,25	8,70	26,70	8,90
5	LPK	8,91	8,90	8,80	26,61	8,87
6	LPH	9,07	9,11	9,01	27,19	9,06
7	LPBH	9,23	9,19	9,27	27,69	9,23
8	LPBBH	8,97	9,02	9,42	27,41	9,14
9	ATK	9,20	8,30	8,41	25,91	8,64
10	ATH	9,18	9,22	9,18	27,58	9,19
11	ATBH	9,06	8,87	9,84	27,77	9,26
12	ATBBH	9,17	8,44	9,17	26,78	8,93
13	ACK	8,90	9,12	9,00	27,02	9,01
14	ACH	9,22	9,08	8,78	27,08	9,03
15	ACBH	8,85	8,98	8,98	26,81	8,94
16	ACBBH	8,42	9,31	8,70	26,43	8,81
Total		144,34	144,19	144,65	433,18	9,02
Rata-rata		9,02	9,01	9,04		

Lampiran 9. Hasil analisa pH awal minggu ke 12

No	Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-Rata
		1	2	3		
1	LSK	9,09	9,21	9,17	27,47	9,16
2	LSH	9,28	9,38	9,26	27,92	9,31
3	LSBH	9,41	8,81	9,35	27,57	9,19
4	LSBBH	8,78	9,27	8,88	26,93	8,98
5	LPK	9,27	9,03	8,97	27,27	9,09
6	LPH	9,09	9,22	9,14	27,45	9,15
7	LPBH	9,47	9,29	9,31	28,07	9,36
8	LPBBH	9,10	9,05	9,46	27,61	9,20
9	ATK	9,25	8,23	8,25	25,73	8,58
10	ATH	9,31	9,29	9,33	27,93	9,31
11	ATBH	9,18	8,93	9,09	27,20	9,07
12	ATBBH	9,35	8,52	9,32	27,19	9,06
13	ACK	8,91	9,07	9,03	27,01	9,00
14	ACH	9,28	9,16	9,04	27,48	9,16
15	ACBH	8,92	9,05	9,12	27,09	9,03
16	ACBBH	8,16	9,42	8,92	26,50	8,83
Total		145,85	144,93	145,64	436,42	9,09
Rata-rata		9,12	9,06	9,10		

SK	db	JK	KT	F- Hitung	F-Tabel 5%	F-Tabel 1%	
Perlakuan	15	1,67	0,11	1,39	1,99	2,65	ns
Error	32	2,57	0,08				
Total	47	4,24					
FK	3967,97		CV	3,12			

Lampiran 10. Data P Larut air minggu ke 2

No	Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-Rata
		1	2	3		
1	LSK	13,13	14,20	12,59	39,91	13,30
2	LSH	23,31	22,77	25,45	71,52	23,84
3	LSBH	27,06	24,91	26,52	78,49	26,16
4	LSBBH	59,20	56,52	60,81	176,53	58,84
5	LPK	16,88	13,13	14,73	44,74	14,91
6	LPH	19,02	23,31	22,23	64,56	21,52
7	LPBH	44,20	43,13	46,88	134,21	44,74
8	LPBBH	68,31	80,10	71,52	219,93	73,31
9	ATK	14,20	14,20	12,59	40,99	13,66
10	ATH	25,45	26,52	27,59	79,56	26,52
11	ATBH	37,77	32,95	36,16	106,88	35,63
12	ATBBH	44,74	55,45	54,38	154,57	51,52
13	ACK	13,66	15,27	14,20	43,13	14,38
14	ACH	24,38	23,84	26,52	74,74	24,91
15	ACBH	34,56	30,81	32,41	97,78	32,59
16	ACBBH	37,24	37,77	38,84	113,85	37,95
Total		503,08	514,87	523,44	1541,39	32,11
Rata-rata		31,44	32,18	32,71		

Lampiran 11. Data P Larut air minggu ke 4

No	Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-Rata
		1	2	3		
1	LSK	12,91	12,39	13,96	39,25	13,08
2	LSH	51,74	44,92	49,65	146,31	48,77
3	LSBH	247,49	222,30	237,00	706,80	235,60
4	LSBBH	303,12	274,26	295,78	873,16	291,05
5	LPK	12,39	6,09	7,66	26,13	8,71
6	LPH	59,62	56,47	61,19	177,28	59,09
7	LPBH	259,04	262,71	266,39	788,14	262,71
8	LPBBH	292,63	295,25	299,97	887,85	295,95
9	ATK	43,87	36,00	39,67	119,55	39,85
10	ATH	251,69	255,89	259,56	767,15	255,72
11	ATBH	284,75	273,73	278,46	836,95	278,98
12	ATBBH	324,11	358,23	350,35	1032,69	344,23
13	ACK	12,39	7,66	9,24	29,28	9,76
14	ACH	111,05	92,15	120,49	323,69	107,90
15	ACBH	140,44	156,18	153,03	449,65	149,88
16	ACBBH	204,99	187,14	192,39	584,52	194,84
Total		2612,23	2541,38	2634,79	7788,40	162,26
Rata-rata		163,26	158,84	164,67		

Lampiran 12. Data P Larut air minggu ke 6

No	Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-Rata
		1	2	3		
1	LSK	20,03	21,60	19,51	61,14	20,38
2	LSH	26,81	26,81	27,33	80,96	26,99
3	LSBH	26,29	32,03	28,90	87,22	29,07
4	LSBBH	36,72	33,07	33,59	103,39	34,46
5	LPK	7,51	12,21	11,16	30,88	10,29
6	LPH	30,46	23,68	28,90	83,05	27,68
7	LPBH	47,16	38,81	44,03	129,99	43,33
8	LPBBH	52,90	74,28	54,98	182,16	60,72
9	ATK	22,64	18,47	17,42	58,53	19,51
10	ATH	39,85	39,85	40,90	120,61	40,20
11	ATBH	66,46	82,11	83,15	231,72	77,24
12	ATBBH	155,66	143,14	148,88	447,68	149,23
13	ACK	11,16	15,86	13,77	40,79	13,60
14	ACH	59,68	72,72	61,24	193,64	64,55
15	ACBH	22,12	18,99	23,16	64,27	21,42
16	ACBBH	24,20	27,86	27,33	79,39	26,46
Total		649,66	681,48	664,27	1995,41	41,57
Rata-rata		40,60	42,59	41,52		

Lampiran 13. Data P Larut air minggu ke 8

No	Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-Rata
		1	2	3		
1	LSK	27,56	30,22	25,96	83,75	27,92
2	LSH	51,50	40,86	42,99	135,36	45,12
3	LSBH	36,61	46,71	41,39	124,71	41,57
4	LSBBH	63,74	41,93	61,61	167,28	55,76
5	LPK	26,50	29,69	27,03	83,21	27,74
6	LPH	35,54	41,39	40,33	117,27	39,09
7	LPBH	60,02	63,21	64,80	188,03	62,68
8	LPBBH	80,23	73,85	79,17	233,25	77,75
9	ATK	34,48	24,37	28,62	87,47	29,16
10	ATH	39,27	36,07	37,67	113,01	37,67
11	ATBH	52,04	42,46	52,57	147,06	49,02
12	ATBBH	157,91	148,34	148,87	455,12	151,71
13	ACK	33,41	30,75	24,90	89,07	29,69
14	ACH	84,49	85,55	85,02	255,07	85,02
15	ACBH	51,50	50,44	52,57	154,51	51,50
16	ACBBH	40,86	41,39	47,25	129,50	43,17
Total		875,66	827,24	860,76	2563,66	53,41
Rata-rata		54,73	51,70	53,80		

Lampiran 14. Data P Larut air minggu ke 10

No	Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-Rata
		1	2	3		
1	LSK	24,13	26,27	23,59	73,99	24,66
2	LSH	34,85	30,03	37,53	102,41	34,14
3	LSBH	43,97	45,04	47,18	136,19	45,40
4	LSBBH	62,20	53,08	57,91	173,19	57,73
5	LPK	26,81	25,74	24,66	77,21	25,74
6	LPH	34,85	48,79	43,97	127,61	42,54
7	LPBH	44,50	64,34	55,23	164,08	54,69
8	LPBBH	83,11	74,53	80,43	238,07	79,36
9	ATK	23,06	22,52	21,98	67,56	22,52
10	ATH	107,77	161,93	115,28	384,99	128,33
11	ATBH	40,21	47,72	46,65	134,58	44,86
12	ATBBH	116,89	115,28	136,73	368,90	122,97
13	ACK	24,66	23,59	26,27	74,53	24,84
14	ACH	28,42	27,88	30,56	86,86	28,95
15	ACBH	31,64	30,56	34,32	96,51	32,17
16	ACBBH	40,75	35,39	40,21	116,35	38,78
Total		767,83	832,71	822,52	2423,06	50,48
Rata-rata		47,99	52,04	51,41		

Lampiran 15. Data P Larut air minggu ke 12

No	Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-Rata
		1	2	3		
1	LSK	25,11	28,36	27,28	80,75	26,92
2	LSH	37,00	39,16	41,86	118,01	39,34
3	LSBH	44,02	36,46	42,94	123,41	41,14
4	LSBBH	66,16	71,56	83,45	221,17	73,72
5	LPK	24,03	23,49	22,95	70,48	23,49
6	LPH	34,30	30,52	33,76	98,57	32,86
7	LPBH	54,82	55,90	66,70	177,42	59,14
8	LPBBH	110,45	116,93	131,51	358,90	119,63
9	ATK	22,41	20,25	20,79	63,46	21,15
10	ATH	126,11	125,03	109,91	361,06	120,35
11	ATBH	54,28	62,38	82,91	199,57	66,52
12	ATBBH	143,94	147,18	153,66	444,77	148,26
13	ACK	28,36	25,65	28,36	82,37	27,46
14	ACH	66,70	63,46	81,29	211,45	70,48
15	ACBH	37,00	45,64	49,96	132,60	44,20
16	ACBBH	49,42	49,96	55,90	155,28	51,76
Total		924,12	941,94	1033,22	2899,27	60,40
Rata-rata		57,76	58,87	64,58		

SK	db	JK	KT	F-Hitung	F-Tabel 5%	F-Tabel 1%
Perlakuan	15	66478,57	4431,90	95,54	1,99	2,65
Eror	32	1484,42	46,39			
Total	47	67962,99				
FK	175120,24		CV	11,28		

**

Lampiran 16. Data P Olsen minggu ke 2

No	Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-Rata
		1	2	3		
1	LSK	57,89	53,35	56,75	167,99	56,00
2	LSH	66,97	79,46	91,94	238,37	79,46
3	LSBH	60,16	64,70	69,24	194,10	64,70
4	LSBBH	288,31	317,82	329,17	935,30	311,77
5	LPK	27,24	38,59	45,40	111,24	37,08
6	LPH	49,94	55,62	69,24	174,80	58,27
7	LPBH	173,67	180,48	182,75	536,89	178,96
8	LPBBH	281,50	282,63	293,98	858,12	286,04
9	ATK	64,70	66,97	56,75	188,42	62,81
10	ATH	248,58	255,39	217,93	721,91	240,64
11	ATBH	183,88	194,10	190,69	568,67	189,56
12	ATBBH	370,03	348,47	329,17	1047,67	349,22
13	ACK	46,54	56,75	38,59	141,88	47,29
14	ACH	144,15	146,42	157,78	448,35	149,45
15	ACBH	103,29	112,37	121,45	337,12	112,37
16	ACBBH	202,04	223,61	250,85	676,50	225,50
Total		2368,90	2476,73	2501,70	7347,33	153,07
Rata-rata		148,06	154,80	156,36		

Lampiran 17. Data P Olsen minggu ke 4

No	Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-Rata
		1	2	3		
1	LSK	10,23	9,12	22,46	41,80	13,93
2	LSH	121,40	118,07	120,29	359,76	119,92
3	LSBH	522,73	499,39	487,16	1509,28	503,09
4	LSBBH	643,91	577,21	623,90	1845,03	615,01
5	LPK	3,56	4,67	9,12	17,34	5,78
6	LPH	171,43	159,20	166,98	497,61	165,87
7	LPBH	558,31	546,08	569,43	1673,82	557,94
8	LPBBH	658,37	670,59	727,29	2056,25	685,42
9	ATK	74,71	54,70	49,14	178,54	59,51
10	ATH	601,67	579,43	593,89	1774,99	591,66
11	ATBH	610,56	589,44	610,56	1810,56	603,52
12	ATBBH	741,75	710,62	753,97	2206,34	735,45
13	ACK	10,23	38,02	31,35	79,60	26,53
14	ACH	265,93	245,91	267,04	778,88	259,63
15	ACBH	333,74	343,75	390,44	1067,93	355,98
16	ACBBH	450,47	433,80	430,46	1314,73	438,24
Total		5778,99	5579,99	5853,47	17212,45	358,59
Rata-rata		361,19	348,75	365,84		

Lampiran 18. Data P Olsen minggu ke 6

No	Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-Rata
		1	2	3		
1	LSK	25,11	38,81	28,54	92,47	30,82
2	LSH	61,64	53,65	69,63	184,93	61,64
3	LSBH	31,96	47,95	46,80	126,71	42,24
4	LSBBH	101,60	89,04	102,74	293,38	97,79
5	LPK	23,97	17,12	15,98	57,08	19,03
6	LPH	71,92	53,65	77,63	203,20	67,73
7	LPBH	82,19	79,91	69,63	231,74	77,25
8	LPBBH	178,08	197,49	188,36	563,93	187,98
9	ATK	25,11	18,26	14,84	58,22	19,41
10	ATH	119,86	147,26	122,15	389,27	129,76
11	ATBH	206,62	165,53	194,06	566,21	188,74
12	ATBBH	339,04	326,48	320,78	986,30	328,77
13	ACK	28,54	17,12	36,53	82,19	27,40
14	ACH	109,59	127,85	126,71	364,16	121,39
15	ACBH	39,95	47,95	60,50	148,40	49,47
16	ACBBH	97,03	60,50	79,91	237,44	79,15
Total		1542,24	1488,58	1554,79	4585,62	95,53
Rata-rata		96,39	93,04	97,17		

Lampiran 19. Data P Olsen 2 minggu ke 8

No	Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-Rata
		1	2	3		
1	LSK	32,53	41,45	38,11	112,09	37,36
2	LSH	89,36	88,25	91,59	269,19	89,73
3	LSBH	53,70	48,13	58,16	160,00	53,33
4	LSBBH	103,84	151,75	140,61	396,21	132,07
5	LPK	31,42	41,45	23,62	96,49	32,16
6	LPH	49,25	60,39	59,28	168,91	56,30
7	LPBH	71,53	98,27	88,25	258,05	86,02
8	LPBBH	215,26	208,58	197,44	621,28	207,09
9	ATK	30,31	55,93	44,79	131,03	43,68
10	ATH	121,67	164,01	156,21	441,89	147,30
11	ATBH	200,78	160,67	190,75	552,20	184,07
12	ATBBH	187,41	176,27	180,72	544,40	181,47
13	ACK	43,68	36,99	35,88	116,55	38,85
14	ACH	40,33	44,79	41,45	126,57	42,19
15	ACBH	89,36	77,10	81,56	248,02	82,67
16	ACBBH	55,93	60,39	45,91	162,23	54,08
Total		1416,38	1514,43	1474,32	4405,13	91,77
Rata-rata		88,52	94,65	92,14		

Lampiran 20. Data P Olsen minggu ke 10

No	Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-Rata
		1	2	3		
1	LSK	53,82	43,92	48,32	146,06	48,69
2	LSH	71,44	86,85	82,44	240,73	80,24
3	LSBH	137,48	162,80	156,19	456,47	152,16
4	LSBBH	279,47	217,83	237,64	734,95	244,98
5	LPK	65,93	70,34	64,83	201,10	67,03
6	LPH	68,13	92,35	86,85	247,33	82,44
7	LPBH	94,55	140,78	119,87	355,20	118,40
8	LPBBH	194,72	155,09	188,11	537,92	179,31
9	ATK	82,44	81,34	80,24	244,03	81,34
10	ATH	380,74	546,95	393,95	1321,63	440,54
11	ATBH	104,46	100,06	114,36	318,88	106,29
12	ATBBH	325,70	254,16	297,08	876,94	292,31
13	ACK	49,42	84,65	60,43	194,50	64,83
14	ACH	58,23	85,75	79,14	223,12	74,37
15	ACBH	59,33	95,65	68,13	223,12	74,37
16	ACBBH	191,41	301,49	247,55	740,45	246,82
Total		2217,28	2519,98	2325,15	7062,41	147,13
Rata-rata		138,58	157,50	145,32		

Lampiran 21. Data P Olsen minggu ke 12

No	Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-Rata
		1	2	3		
1	LSK	57,89	53,35	56,75	167,99	56,00
2	LSH	66,97	79,46	91,94	238,37	79,46
3	LSBH	60,16	64,70	69,24	194,10	64,70
4	LSBBH	288,31	317,82	329,17	935,30	311,77
5	LPK	27,24	38,59	45,40	111,24	37,08
6	LPH	49,94	55,62	69,24	174,80	58,27
7	LPBH	173,67	180,48	182,75	536,89	178,96
8	LPBBH	281,50	282,63	293,98	858,12	286,04
9	ATK	64,70	66,97	56,75	188,42	62,81
10	ATH	248,58	255,39	217,93	721,91	240,64
11	ATBH	183,88	194,10	190,69	568,67	189,56
12	ATBBH	370,03	348,47	329,17	1047,67	349,22
13	ACK	46,54	56,75	38,59	141,88	47,29
14	ACH	144,15	146,42	157,78	448,35	149,45
15	ACBH	103,29	112,37	121,45	337,12	112,37
16	ACBBH	202,04	223,61	250,85	676,50	225,50
Total		2368,90	2476,73	2501,70	7347,33	153,07
Rata-rata		148,06	154,80	156,36		

SK	db	JK	KT	F-Hitung	F-Tabel 5%	F-Tabel 1%
Perlakuan	15	487068,16	32471,21	202,30	1,99	2,65
Error	32	5136,39	160,51			
Total	47	492204,55				
FK	1124652		CV	8,28		

**

Lampiran 22. Data Kalium larut air minggu ke 2

No	Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-Rata
		1	2	3		
1	LSK	3,43	2,52	3,58	9,53	3,18
2	LSH	7,38	9,70	7,78	24,86	8,29
3	LSBH	12,35	11,47	11,30	35,12	11,71
4	LSBBH	13,51	12,55	13,22	39,28	13,09
5	LPK	4,34	3,54	4,08	11,96	3,99
6	LPH	10,69	9,96	10,88	31,53	10,51
7	LPBH	8,26	8,84	8,33	25,44	8,48
8	LPBBH	10,94	10,45	11,20	32,59	10,86
9	ATK	4,86	4,28	4,78	13,92	4,64
10	ATH	7,32	6,49	7,59	21,40	7,13
11	ATBH	8,01	7,15	8,07	23,23	7,74
12	ATBBH	5,90	6,26	6,13	18,29	6,10
13	ACK	4,16	4,26	4,30	12,72	4,24
14	ACH	6,81	7,59	8,34	22,73	7,58
15	ACBH	7,38	7,92	7,17	22,47	7,49
16	ACBBH	4,58	4,49	4,67796	13,75	4,58
Total		119,94	117,45	121,45	358,83	7,48
Rata-rata		7,50	7,34	7,59		

Lampiran 23. Data Kalium larut air minggu ke 4

No	Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-Rata
		1	2	3		
1	LSK	10,39	11,44	8,42	30,26	10,09
2	LSH	27,89	30,41	26,71	85,00	28,33
3	LSBH	32,41	30,00	30,01	92,42	30,81
4	LSBBH	33,47	28,83	32,03	94,33	31,44
5	LPK	11,22	14,00	35,60	60,83	20,28
6	LPH	26,74	31,20	28,36	86,30	28,77
7	LPBH	28,69	29,95	30,46	89,09	29,70
8	LPBBH	35,30	30,23	37,81	103,33	34,44
9	ATK	13,49	11,15	12,81	37,45	12,48
10	ATH	38,95	30,68	40,24	109,87	36,62
11	ATBH	28,46	20,90	39,85	89,20	29,73
12	ATBBH	25,15	27,08	26,14	78,37	26,12
13	ACK	12,45	13,78	11,00	37,24	12,41
14	ACH	22,01	26,87	24,67	73,55	24,52
15	ACBH	27,37	29,21	28,66	85,24	28,41
16	ACBBH	32,06	28,07	35,0955	95,23	31,74
Total		406,04	393,81	447,87	1247,72	25,99
Rata-rata		25,38	24,61	27,99		

Lampiran 24. Data Kalium larut air minggu ke 6

No	Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-Rata
		1	2	3		
1	LSK	31,79	32,50	33,45	97,73	32,58
2	LSH	38,95	42,87	39,87	121,69	40,56
3	LSBH	44,46	42,72	45,45	132,64	44,21
4	LSBBH	40,20	39,45	39,12	118,77	39,59
5	LPK	31,78	32,05	31,29	95,13	31,71
6	LPH	35,49	38,19	37,12	110,81	36,94
7	LPBH	39,89	37,40	40,59	117,88	39,29
8	LPBBH	40,48	37,75	41,60	119,83	39,94
9	ATK	32,33	31,61	31,44	95,38	31,79
10	ATH	36,68	36,93	35,64	109,26	36,42
11	ATBH	44,49	42,53	43,42	130,44	43,48
12	ATBBH	38,70	38,53	37,44	114,66	38,22
13	ACK	31,78	31,24	31,57	94,59	31,53
14	ACH	38,84	39,91	36,59	115,33	38,44
15	ACBH	39,85	37,76	38,95	116,56	38,85
16	ACBBH	37,68	34,90	36,0714	108,65	36,22
Total		603,40	596,33	599,62	1799,35	37,49
Rata-rata		37,71	37,27	37,48		

Lampiran 25. Data Kalium larut air minggu ke 8

No	Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-Rata
		1	2	3		
1	LSK	27,60	27,38	26,47	81,45	27,15
2	LSH	31,81	28,64	34,06	94,51	31,50
3	LSBH	29,81	29,21	29,46	88,48	29,49
4	LSBBH	31,70	25,49	29,77	86,96	28,99
5	LPK	27,50	27,32	27,71	82,53	27,51
6	LPH	34,68	38,22	36,11	109,01	36,34
7	LPBH	30,42	31,23	32,38	94,03	31,34
8	LPBBH	34,71	33,57	33,26	101,55	33,85
9	ATK	26,56	26,54	30,71	83,82	27,94
10	ATH	32,39	35,22	31,28	98,89	32,96
11	ATBH	35,01	36,42	34,90	106,34	35,45
12	ATBBH	31,06	29,13	31,89	92,08	30,69
13	ACK	26,52	27,59	26,68	80,78	26,93
14	ACH	32,37	29,56	30,94	92,87	30,96
15	ACBH	32,38	30,61	32,28	95,27	31,76
16	ACBBH	31,95	31,98	31,06	94,99	31,66
Total		496,46	488,11	498,97	1483,54	30,91
Rata-rata		31,03	30,51	31,19		

Lampiran 26. Data Kalium larut air minggu ke 10

No	Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-Rata
		1	2	3		
1	LSK	27,02	26,94	27,08	81,04	27,01
2	LSH	37,91	39,08	33,51	110,50	36,83
3	LSBH	32,86	31,04	35,07	98,97	32,99
4	LSBBH	33,80	33,12	31,09	98,01	32,67
5	LPK	26,05	27,21	26,39	79,66	26,55
6	LPH	34,20	34,16	32,99	101,34	33,78
7	LPBH	36,39	33,45	31,72	101,55	33,85
8	LPBBH	36,21	32,10	30,30	98,61	32,87
9	ATK	26,54	26,84	26,46	79,84	26,61
10	ATH	36,55	34,34	33,22	104,11	34,70
11	ATBH	33,54	28,26	30,67	92,47	30,82
12	ATBBH	32,87	34,06	32,15	99,08	33,03
13	ACK	26,51	26,29	27,00	79,80	26,60
14	ACH	35,52	34,62	37,41	107,55	35,85
15	ACBH	31,90	31,61	34,04	97,54	32,51
16	ACBBH	35,27	33,61	33,9655	102,84	34,28
Total		523,13	506,74	503,05	1532,92	31,94
Rata-rata		32,70	31,67	31,44		

Lampiran 27. Data Kalium larut air minggu ke 12

No	Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-Rata
		1	2	3		
1	LSK	27,82	27,17	27,92	82,91	27,64
2	LSH	35,52	31,47	32,98	99,96	33,32
3	LSBH	34,85	34,78	33,42	103,05	34,35
4	LSBBH	34,83	33,39	29,97	98,19	32,73
5	LPK	28,25	28,31	27,66	84,22	28,07
6	LPH	38,84	31,55	37,67	108,07	36,02
7	LPBH	33,80	33,45	37,68	104,93	34,98
8	LPBBH	31,05	30,29	34,02	95,36	31,79
9	ATK	27,87	27,69	27,28	82,84	27,61
10	ATH	34,86	35,60	34,38	104,83	34,94
11	ATBH	32,54	36,34	32,88	101,76	33,92
12	ATBBH	32,47	31,31	34,01	97,79	32,60
13	ACK	28,19	27,21	28,46	83,86	27,95
14	ACH	30,56	32,03	34,96	97,55	32,52
15	ACBH	31,88	31,00	31,55	94,42	31,47
16	ACBBH	34,94	34,80	32,8258	102,56	34,19
Total		518,29	506,38	517,66	1542,32	32,13
Rata-rata		32,39	31,65	32,35		

SK	db	JK	KT	F- Hitung	F-Tabel 5%	F-Tabel 1%	
Perlakuan	15	362,11	24,14	7,74	1,99	2,65	**
Error	32	99,75	3,12				
Total	47	461,86					
FK	49557,37		CV	5,49			

Lampiran 28. Data Kalium larut sitrat minggu ke 2

No	Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-Rata
		1	2	3		
1	LSK	3,80	3,93	4,24	11,96	3,99
2	LSH	7,51	8,74	9,05	25,31	8,44
3	LSBH	12,72	12,90	12,96	38,58	12,86
4	LSBBH	12,83	13,08	13,34	39,25	13,08
5	LPK	5,27	6,37	7,67	19,31	6,44
6	LPH	11,73	12,80	12,95	37,48	12,49
7	LPBH	5,78	7,35	7,49	20,62	6,87
8	LPBBH	10,85	11,16	11,32	33,33	11,11
9	ATK	4,54	4,66	4,83	14,03	4,68
10	ATH	7,60	7,75	7,68	23,02	7,67
11	ATBH	7,29	7,42	7,89	22,60	7,53
12	ATBBH	8,32	8,40	9,95	26,67	8,89
13	ACK	4,70	6,17	6,49	17,37	5,79
14	ACH	5,46	5,82	7,86	19,14	6,38
15	ACBH	8,33	8,34	8,52	25,18	8,39
16	ACBBH	6,70	7,00	7,46032	21,16	7,05
Total		123,44	131,90	139,68	395,02	8,23
Rata-rata		7,72	8,24	8,73		

Lampiran 29. Data Kalium larut sitrat minggu ke 4

No	Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-Rata
		1	2	3		
1	LSK	13,80	12,18	12,19	38,17	12,72
2	LSH	29,79	29,03	32,66	91,48	30,49
3	LSBH	30,46	28,28	34,88	93,62	31,21
4	LSBBH	26,50	28,11	29,03	83,64	27,88
5	LPK	14,36	12,87	12,79	40,02	13,34
6	LPH	28,21	29,48	30,48	88,17	29,39
7	LPBH	29,78	29,32	32,74	91,85	30,62
8	LPBBH	28,72	29,28	30,85	88,85	29,62
9	ATK	14,67	12,96	12,46	40,09	13,36
10	ATH	30,54	29,11	33,03	92,68	30,89
11	ATBH	30,24	31,14	31,22	92,59	30,86
12	ATBBH	31,27	32,83	32,65	96,75	32,25
13	ACK	12,33	11,36	12,69	36,39	12,13
14	ACH	28,40	29,81	27,77	85,99	28,66
15	ACBH	26,53	26,36	28,10	80,98	26,99
16	ACBBH	31,17	32,76	32,7976	96,73	32,24
Total		406,77	404,89	426,35	1238,01	25,79
Rata-rata		25,42	25,31	26,65		

Lampiran 30. Data Kalium larut sitrat minggu ke 6

No	Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-Rata
		1	2	3		
1	LSK	31,39	31,15	31,48	94,02	31,34
2	LSH	35,06	34,75	37,11	106,92	35,64
3	LSBH	39,06	37,40	37,52	113,99	38,00
4	LSBBH	35,56	36,38	37,18	109,12	36,37
5	LPK	32,28	29,91	31,03	93,22	31,07
6	LPH	37,26	38,82	36,43	112,50	37,50
7	LPBH	34,98	36,81	34,63	106,43	35,48
8	LPBBH	40,14	38,82	41,13	120,09	40,03
9	ATK	30,97	29,75	30,50	91,21	30,40
10	ATH	38,16	39,22	38,61	115,99	38,66
11	ATBH	34,95	35,82	35,72	106,49	35,50
12	ATBBH	33,49	33,75	33,90	101,15	33,72
13	ACK	31,63	30,79	30,76	93,18	31,06
14	ACH	34,84	35,49	36,05	106,38	35,46
15	ACBH	33,74	34,66	35,10	103,50	34,50
16	ACBBH	33,66	35,34	35,1144	104,11	34,70
Total		557,15	558,88	562,26	1678,29	34,96
Rata-rata		34,82	34,93	35,14		

Lampiran 31. Data Kalium larut sitrat minggu ke 8

No	Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-Rata
		1	2	3		
1	LSK	27,48	26,91	27,72	82,11	27,37
2	LSH	31,58	32,35	27,83	91,76	30,59
3	LSBH	33,99	34,53	33,20	101,71	33,90
4	LSBBH	31,42	32,91	34,19	98,52	32,84
5	LPK	26,85	26,74	26,94	80,54	26,85
6	LPH	29,61	37,67	32,95	100,23	33,41
7	LPBH	35,30	35,84	33,03	104,16	34,72
8	LPBBH	33,86	35,54	32,78	102,18	34,06
9	ATK	27,05	27,54	26,85	81,44	27,15
10	ATH	33,33	34,08	30,14	97,55	32,52
11	ATBH	36,36	32,28	27,95	96,59	32,20
12	ATBBH	32,02	34,21	33,78	100,01	33,34
13	ACK	27,53	26,70	26,63	80,86	26,95
14	ACH	35,00	29,52	33,48	98,00	32,67
15	ACBH	31,38	35,70	28,60	95,68	31,89
16	ACBBH	33,97	34,16	30,7887	98,92	32,97
Total		506,73	516,68	486,86	1510,27	31,46
Rata-rata		31,67	32,29	30,43		

Lampiran 32. Data Kalium larut sitrat minggu ke 10

No	Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-Rata
		1	2	3		
1	LSK	26,91	26,30	27,11	80,33	26,78
2	LSH	30,26	31,46	26,23	87,95	29,32
3	LSBH	31,11	31,10	32,73	94,95	31,65
4	LSBBH	30,65	31,10	34,21	95,96	31,99
5	LPK	26,45	26,73	25,05	78,23	26,08
6	LPH	33,15	33,45	33,03	99,63	33,21
7	LPBH	29,28	28,91	31,17	89,36	29,79
8	LPBBH	31,00	31,10	29,07	91,18	30,39
9	ATK	26,38	26,38	26,95	79,71	26,57
10	ATH	32,56	33,96	29,72	96,24	32,08
11	ATBH	28,21	31,67	31,27	91,16	30,39
12	ATBBH	33,02	30,89	30,08	94,00	31,33
13	ACK	26,33	22,24	26,51	75,09	25,03
14	ACH	28,44	29,02	31,71	89,17	29,72
15	ACBH	27,77	27,52	33,71	89,00	29,67
16	ACBBH	35,51	32,36	27,9601	95,83	31,94
Total		477,05	474,20	476,51	1427,76	29,74
Rata-rata		29,82	29,64	29,78		

Lampiran 33. Data Kalium larut sitrat minggu ke 12

No	Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-Rata
		1	2	3		
1	LSK	27,59	28,43	28,37	84,39	28,13
2	LSH	31,21	27,56	29,27	88,05	29,35
3	LSBH	33,82	34,59	32,65	101,06	33,69
4	LSBBH	33,84	30,16	28,92	92,92	30,97
5	LPK	27,34	27,34	28,39	83,06	27,69
6	LPH	31,17	31,25	30,77	93,19	31,06
7	LPBH	30,45	30,77	33,92	95,14	31,71
8	LPBBH	35,91	35,97	33,05	104,93	34,98
9	ATK	28,46	27,17	27,89	83,52	27,84
10	ATH	29,52	32,19	32,60	94,30	31,43
11	ATBH	31,60	33,34	33,69	98,62	32,87
12	ATBBH	31,51	35,87	31,50	98,88	32,96
13	ACK	27,64	27,92	27,67	83,23	27,74
14	ACH	32,08	31,05	29,16	92,29	30,76
15	ACBH	33,03	33,12	32,34	98,49	32,83
16	ACBBH	31,99	33,90	31,84	97,72	32,57
Total		497,14	500,63	492,04	1489,81	31,04
Rata-rata		31,07	31,29	30,75		

SK	db	JK	KT	F- Hitung	F-Tabel 5%	F-Tabel 1%	
Perlakuan	15	238,42	15,89	7,83	1,99	2,65	**
Error	32	64,95	2,03				
Total	47	303,37					
FK	46240,35		CV	4,59			

Lampiran 34. Data Kerapatan bakteri (CFU/ml)

Kode	Media	Populasi minggu ke 4		Populasi minggu ke 8		Populasi minggu ke 12	
		(CFU/ml)		(CFU/ml)		(CFU/ml) 10 ⁻⁷	
		Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 1	Ulangan 2
LSBH	Alexandrov	2,0 x 10 ⁹	3,0 x 10 ⁹	1,5 x 10 ⁸	2,0 x 10 ⁸	3,0 x 10 ⁷	4,0 x 10 ⁷
LSBBH	Alexandrov	2,0 x 10 ⁹	3,0 x 10 ⁹	5,0 x 10 ⁸	7,0 x 10 ⁸	5,0 x 10 ⁷	6,0 x 10 ⁷
	Pikovkaya	1,3 x 10 ⁹	1,2 x 10 ⁹	4,9 x 10 ⁸	5,1 x 10 ⁸	4,1 x 10 ⁷	4,3 x 10 ⁷
LPBH	Alexandrov	3,0 x 10 ⁹	4,0 x 10 ⁹	4,0 x 10 ⁸	6,0 x 10 ⁸	2,0 x 10 ⁷	3,0 x 10 ⁷
LPBBH	Alexandrov	9,0 x 10 ⁹	1,0 x 10 ⁹	1,8 x 10 ⁸	1,6 x 10 ⁸	2,0 x 10 ⁷	2,5 x 10 ⁷
	Pikovkaya	2,1 x 10 ⁹	2,0 x 10 ⁹	71 x 10 ⁸	6,9 x 10 ⁸	5,0 x 10 ⁷	5,4 x 10 ⁷
ATBH	Pikovkaya	7,0 x 10 ⁹	8,0 x 10 ⁹	1,3 x 10 ⁸	1,5 x 10 ⁸	1,1 x 10 ⁷	1,3 x 10 ⁷
ATBBH	Pikovkaya	3,0 x 10 ⁹	3,4 x 10 ⁹	6,5 x 10 ⁸	6,0 x 10 ⁸	4,1 x 10 ⁷	3,9 x 10 ⁷
	Alexandrov	2,0 x 10 ⁹	4,0 x 10 ⁹	2,0 x 10 ⁸	4,0 x 10 ⁸	3,0 x 10 ⁷	4,0 x 10 ⁷
ACBH	Pikovkaya	6,0 x 10 ⁹	8,0 x 10 ⁹	2,0 x 10 ⁸	4,0 x 10 ⁸	5,0 x 10 ⁷	4,0 x 10 ⁷
ACBBH	Pikovkaya	5,0 x 10 ⁹	7,0 x 10 ⁹	1,2 x 10 ⁸	1,5 x 10 ⁸	9,0 x 10 ⁷	1,1 x 10 ⁷
	Alexandrov	2,0 x 10 ⁹	3,0 x 10 ⁹	2,0 x 10 ⁸	3,0 x 10 ⁸	4,0 x 10 ⁷	5,0 x 10 ⁷



Lampiran 35. Data Analisa C organik dan N total Humik ketela pohon

No	Kode sampel	Humik ketela pohon				Keterangan
		U 1	U2	U3	Rata-rata	
1.	C organik (ppm)	2200,00	2133,33	2066,67	2133,33	
2.	N total (%)	1,70	1,60	1,70	1,66	



Lampiran 36. Dokumentasi Penelitian

No	Kegiatan	Gambar
1	Pengambilan sampel	 <p>A photograph showing three individuals in a natural, rocky stream bed. One person in the foreground is crouching and collecting a sample, while two others stand nearby observing. The environment is a shallow stream with many rocks and some sparse vegetation.</p>
2	Pembuatan media	 <p>A photograph of five petri dishes containing a white, solid agar medium, arranged on a stainless steel surface. The dishes are used for culturing microorganisms.</p>
3	Proses pelarutan	 <p>A photograph of a laboratory setup for the dissolution process. Numerous glass bottles containing a yellowish liquid are arranged on a wooden rack. The bottles are connected to a system of tubes and filters, likely used for filtering or purifying the samples.</p>

4	Analisa fosfor	 A photograph of a laboratory setup for phosphorus analysis. It shows a white rack filled with numerous small glass vials containing blue liquid. To the right of the rack is a piece of laboratory equipment, possibly a spectrophotometer or a similar analytical instrument, with a digital display and various controls. A date stamp '29 Jul 2017' is visible in the bottom right corner of the image.
5	Analisa SEM	 A photograph of a laptop computer displaying the control software for a Scanning Electron Microscope (SEM). The screen shows a grayscale image of a sample surface, likely a biological or material specimen, with various control panels and buttons on the right side of the interface. A keyboard is visible in front of the laptop.