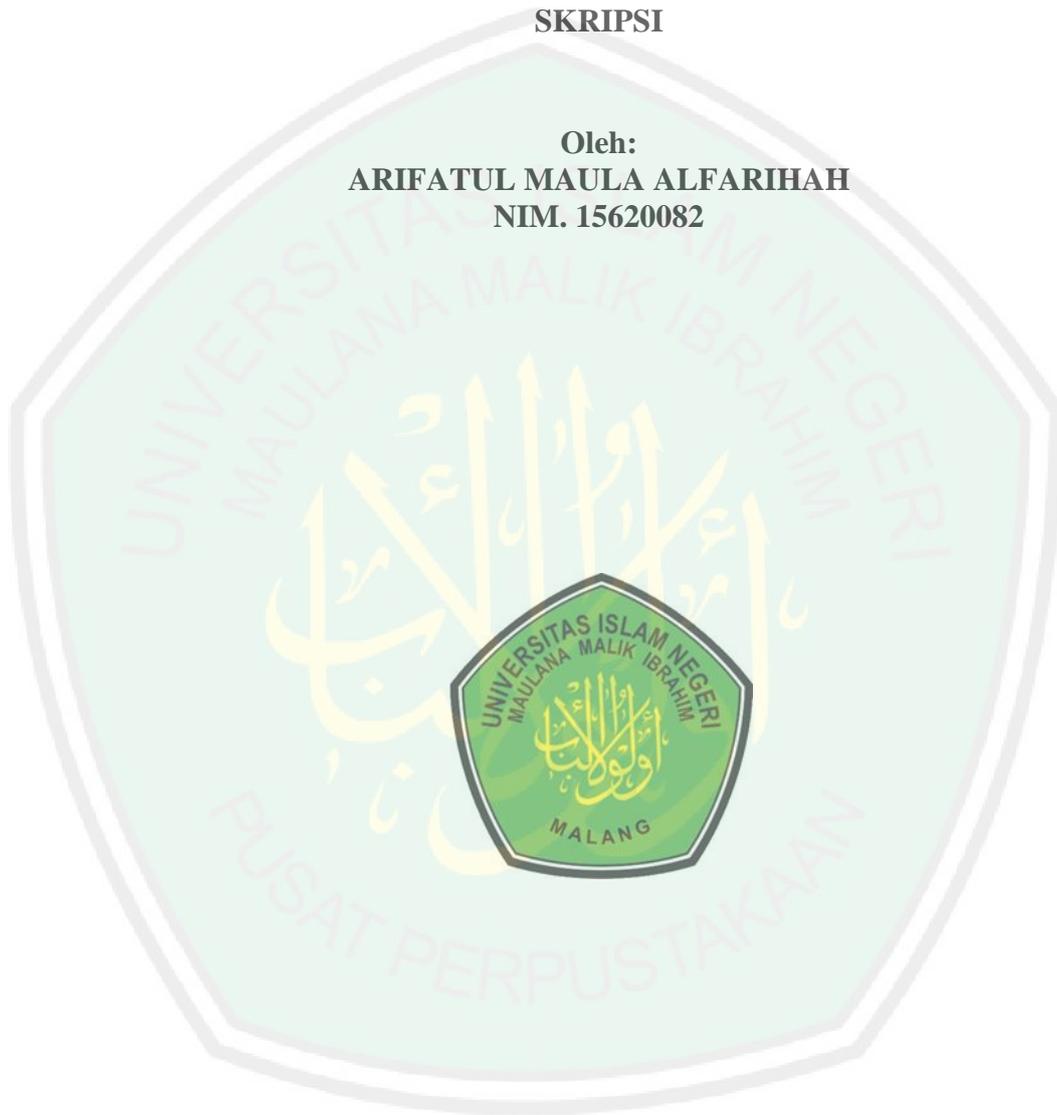


**BIODEGRADASI LIMBAH ORGANIK OLEH FUNGI SELULOLITIK
DARI TANAH TEMPAT PEMROSESAN AKHIR TALANGAGUNG,
KEPANJEN, KABUPATEN MALANG SECARA *IN VITRO***

SKRIPSI

Oleh:
ARIFATUL MAULA ALFARIHAH
NIM. 15620082

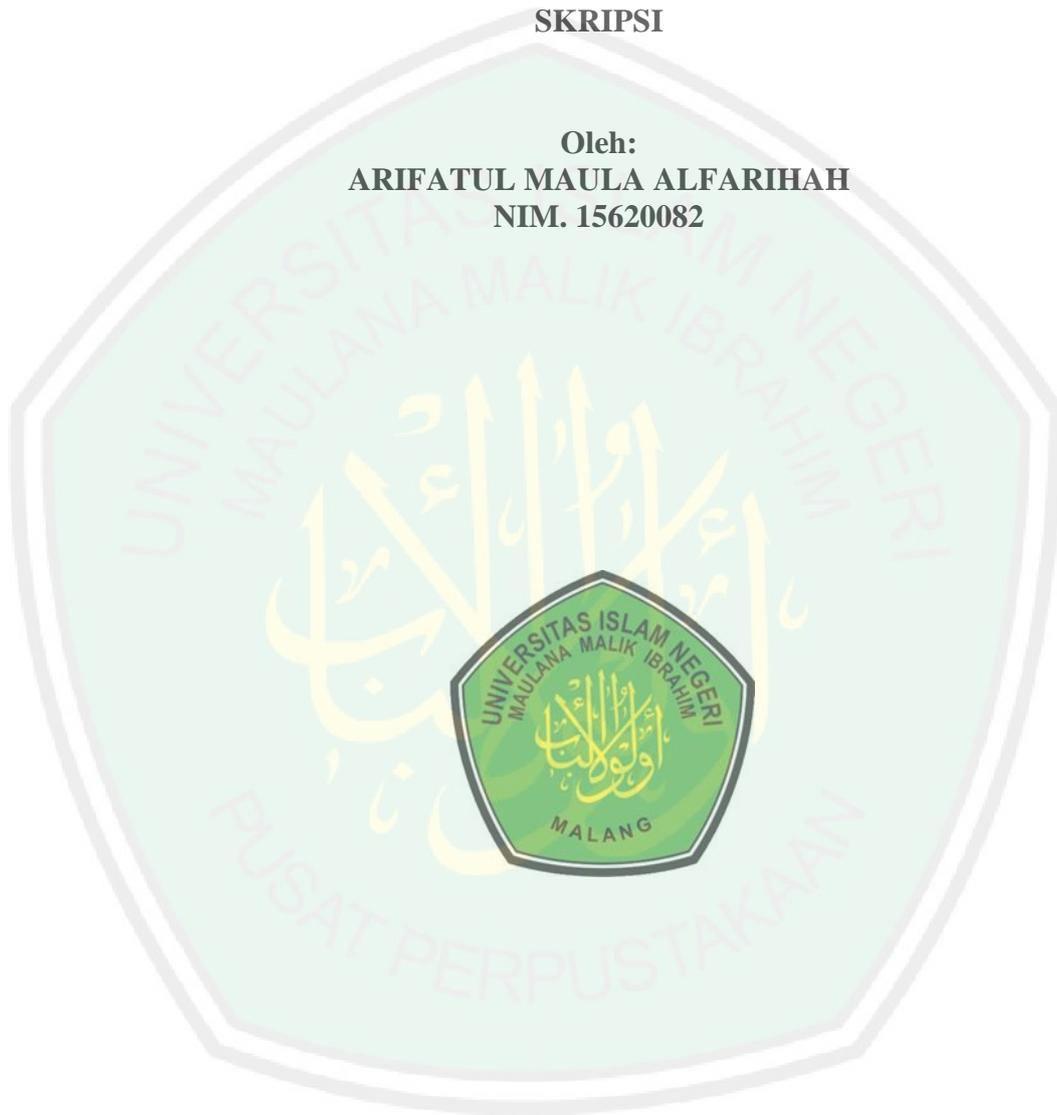


**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2020**

**BIODEGRADASI LIMBAH ORGANIK OLEH FUNGI SELULOLITIK
DARI TANAH TEMPAT PEMROSESAN AKHIR TALANGAGUNG,
KEPANJEN, KABUPATEN MALANG SECARA *IN VITRO***

SKRIPSI

Oleh:
ARIFATUL MAULA ALFARIHAH
NIM. 15620082



**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2020**

**BIODEGRADASI LIMBAH ORGANIK OLEH FUNGI SELULOLITIK
DARI TANAH TEMPAT PEMROSESAN AKHIR TALANGAGUNG,
KEPANJEN, KABUPATEN MALANG SECARA *IN VITRO***

Diajukan Kepada:

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

**untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan
dalam Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

Oleh:

ARIFATUL MAULA ALFARIHAH

NIM. 15620082

PROGRAM STUDI BIOLOGI

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM

MALANG

2020

BIODEGRADASI LIMBAH ORGANIK OLEH FUNGI SELULOLITIK
DARI TANAH TEMPAT PEMROSESAN AKHIR TALANGAGUNG,
KEPANJEN, KABUPATEN MALANG SECARA *IN VITRO*

SKRIPSI

Oleh:

ARIFATUL MAULA ALFARIIHAH

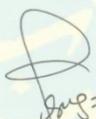
NIM. 15620082

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji:

Tanggal: 17 Juni 2020

Pembimbing I,

Pembimbing II,


Prilva Dewi Fitriasari, M.Sc
NIP. 19900428201608012062


Dr. H. Ahmad Barizi, M.A
NIP. 19731212 199803 1 008

Mengetahui,

Ketua Jurusan Biologi




Dr. Evika Sandi Savitri, M.P
NIP. 19741018200312 2 002

**BIODEGRADASI LIMBAH ORGANIK OLEH FUNGI SELULOLITIK
DARI TANAH TEMPAT PEMROSESAN AKHIR TALANGAGUNG,
KEPANJEN, KABUPATEN MALANG SECARA *IN VITRO***

SKRIPSI

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)

Tanggal: 17 Juni 2020

Penguji Utama	Dr. Hj. Ulfa Utami, M.Si NIP. 19810201 200901 1 019	
Ketua Penguji	Dr. Nur Kusmiyati, M.Si NIP. 1989081620160108 2 061	
Sekretaris Penguji	Prilya Dewi Fitriasari, M.Sc NIP. 1990042820160801 2 062	
Anggota Penguji	Dr. Ahmad Barizi, M.A NIP. 19731212 199803 1 008	

Mengetahui,

Ketua Jurusan Biologi



Dr. Evika Sandi Savitri, M.P

NIP. 19741018200312 2 002

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Arifatul Maula Alfariah
NIM : 15620082
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi/Biologi
Judul Penelitian : Biodegradasi Limbah Organik oleh Fungi
Selulolitik dari Tanah Tempat Pemrosesan
Akhir Talangagung, Kepanjen, Kabupaten
Malang Secara *In Vitro*

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya sendiri, bukan merupakan pengambil alihan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 17 Juni 2020

Yang Membuat Pernyataan

METERAI
TEMPEL

TGL 20

103C9AHF470559944

6000
ENAM RIBU RUPIAH



Arifatul Maula Alfariah

NIM. 15620082

MOTTO

“Sebaik-baik manusia adalah yang paling bermanfaat bagi manusia”.
(HR Ahmad, ath-Thabrani, ad-Daruqutni no:3289)

Learn from yesterday, live for today, hope for tomorrow. The important thing is not to stop questioning. (Albert Einstein)



HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah puji syukur atas kehadiran Allah SWT. Ku persembahkan sebuah karya kecil kepada orang-orang tersayang dan paling berpengaruh didalam hidup saya terkhusus pada kedua orang tua tercinta bapak Mahmudi dan ibu Maria Ulfa yang tiada hentinya telah memberikan semangat, doa, nasehat dan materi atas kelancaran skripsi ini. Doa disetiap sujud sholatmu tak lupa menyebut nama kedua anakmu, semoga Allah SWT menghadiahkan surga untukmu. Tak lupa kepada teman-teman tercinta terima kasih telah menghibur, memberikan dorongan dan semangat.



KATA PENGANTAR

Assalamu 'alaikum, Wr.Wb.

Dengan menyebut asma Allah yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, penulis panjatkan segala syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufiq, dan hidayah-Nya, sehingga kami dapat menyelesaikan rangkaian penyusunan skripsi dengan judul “Biodegradasi Limbah Organik oleh Fungi Selulolitik dari Tanah Tempat Pemrosesan Akhir Talangagung, Kepanjen, Kabupaten Malang Secara *In Vitro*”.Shalawat serta salam semoga selalu terlimpah curahkan bagi baginda Rasulullah Muhammad SAW. Yang telah membawa cahaya kebenaran bagi umatnya.

Penulis Juga haturkan ucapan terimakasih seiring do'a dan harapan Jazakumullah ahsanal jaza' kepada semua pihak yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini, sehingga dengan hormat penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Prof. Dr. Abdul Haris, M.Ag selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Sri Harini, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Evika Sandi Savitri, M.P selaku Ketua Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Prilya Dewi F, M.Sc dan Dr. H. Ahmad Barizi, M.A selaku dosen Pembimbing utama dan dosen pembimbing agama, yang senantiasa memberikan pengarahan, nasehat, dan motivasi dalam menyelesaikan skripsi.
5. Shinta M.Si selaku dosen wali yang senantiasa memberikan motivasi, nasihat dan pengarahan.
6. Segenap Dosen dan Sivitas Akademika Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

7. Kedua orang tua penulis Bapak Mahmudi dan Ibu Maria Ulfa senantiasa memberikan kasih sayang, do'a, serta dorongan semangat menuntut ilmu kepada penulis selama ini.
8. Laboran dan Staff administrasi Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
9. Teman-teman Biologi angkatan 2015 terimakasih atas kerjasama, semua dukungan, motivasi, serta bantuannya selama menempuh studi di Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
10. Semua pihak yang telah memberikan banyak pemikiran hingga terselesaikannya skripsi ini, yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Tiada balasan yang dapat penulis berikan selain do'a *Jazakumullahu khoiron Katsiraa*, semoga Allah menerima amal baik mereka semua dan memberikan imbalan yang lebih atas segala jerih payahnya. Sebagai akhir kata, penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat dan menambah khazanah Ilmu Pengetahuan bagi penulis khususnya dan bagi para pembacanya. *Aamiin Ya Robbal Alamin.*

Wassalamualaikum Wr.Wb.

Malang, 17 Juni 2020

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN.....	v
HALAMAN MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
ABSTRAK	xvi
ABSTRACT	xvii
مستخلص البحث.....	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Tujuan Penelitian	6
1.4 Manfaat Penelitian	6
1.5 Hipotesis	7
1.6 Batasan Masalah.....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1 Kajian Penelitian Dalam Islam	8

2.2 Limbah.....	9
2.3 Sumber Limbah.....	10
2.4 Limbah Organik Sayur.....	11
2.5 Pengolahan Limbah.....	12
2.6 Fungi.....	13
2.7 Biodegradasi Oleh Fungi Selulolitik.....	15
2.8 Selulosa.....	19
2.9 Enzim Selulase.....	22
2.10 Analisis Selulolitik.....	25
2.11 Identifikasi Fungi.....	27
2.11.1 Identifikasi Makroskopis.....	28
2.11.2 Identifikasi Mikroskopis.....	28
BAB III METODE PENELITIAN.....	30
3.1 Rancangan Penelitian.....	30
3.2 Desain Penelitian.....	30
3.3 Waktu dan Tempat.....	31
3.4 Variabel Penelitian.....	31
3.5 Alat dan Bahan.....	32
3.5.1 Alat.....	32
3.5.2 Bahan.....	32
3.6 Prosedur Penelitian.....	32
3.6.1 Pembuatan Media PDA.....	32
3.6.2 Sterilisasi Alat dan Bahan.....	33
3.6.3 Pengambilan Sampel.....	33
3.6.4 Isolasi Fungi.....	33

3.6.5 Uji Kualitatif Aktivitas Selulolitik	34
3.6.6 Tahap Uji Biodegradasi In vitro	35
3.6.6.1 Preparasi Inokulum Fungi	35
3.6.6.2 Uji In Vitro.....	35
3.6.7 Identifikasi Makroskopis dan Mikroskopis	35
3.6.8 Analisis Data	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	37
4.1 isolat fungi selulolitik yang berpotensi mendegradasi limbah organik.	37
4.1.1 Isolat Fungi dari tanah TPA Talangagung.....	37
4.1.2 Potensi Fungi Selulolitik secara Kualitatif.....	37
4.1.3 Uji In Vitro.....	39
4.2 Identitas Fungi Selolitik.....	46
BAB V PENUTUP.....	52
5.1 Kesimpulan	52
5.2 Saran.....	52
DAFTAR PUSTAKA	53
LAMPIRAN.....	57

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Karakteristik Isolat Fungi Hasil Isolasi	38
Tabel 4.2 Hasil Screening Potensi Isolat Fungi Pada Media CMC.....	39
Tabel 4.2 Karakteristik Fungi secara Makroskopis dan Mikroskopis	46



DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1 Penurunan Berat Kering Limbah.....	44
Gambar 4.2 Karakteristik dari Isolat F1	48
Gambar 4.3 Karakteristik dari Isolat F2	49
Gambar 4.4 Karakteristik dari Isolat F10	50



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Isolasi Fungi Dari Tanah TPA Talangagung	57
Lampiran 2. Uji Kualitatif Aktivitas Selulolitik	57
Lampiran 3. Gambar <i>In Vitro</i> Berat Kering	60
Lampiran 4. Analisis SPSS.....	63



ABSTRAK

Alfariyah, Arifatul Maula. 2020. Biodegradasi Limbah Organik Oleh Fungi Selulolitik Dari Tanah Tempat Pemrosesan Akhir Talangagung, Kepanjen, Kabupaten Malang Secara In Vitro. Skripsi. Jurusan Biologi Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing Biologi: Prilya Dewi Fitriasari, M.Sc., Pembimbing Agama: Dr. Ahmad Barizi, M.A.

Kata Kunci: *Biodegradasi, Limbah Organik, Fungi Selulolitik.*

Kandungan selulosa yang tinggi pada limbah organik dapat didegradasi dengan mudah hanya oleh organisme-organisme tertentu yang spesifik seperti fungi. Kadarmoidheen (2012) dalam penelitiannya menggunakan fungi *Trichoderma viride*, *Aspergillus niger* dan *Fusarium oxysporum* untuk mendegradasi limbah selulosa. Hasilnya fungi *T. viride* menunjukkan kemampuan paling tinggi dalam mendegradasi limbah selulosa kemudian *A. niger* dan terakhir *F. oxysporum*. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mendapatkan fungi selulolitik yang berpotensi dalam mendegradasi limbah organik dan untuk mengetahui karakteristik fungi selulolitik yang mampu mendegradasi limbah organik terbaik. Metode yang digunakan; isolasi fungi, uji kualitatif aktivitas selulolitik, tahap uji biodegradasi secara *in vitro* dan identifikasi fungi secara makroskopis dan mikroskopis. Hasil penelitian didapatkan 10 isolat fungi, tiga isolat tersebut memiliki indeks selulolitik tertinggi yaitu F1, F2 dan F10. Tiga isolat fungi diuji *in vitro* pada limbah dan diinkubasi selama 60 hari. Biodegradasi limbah menunjukkan bahwa isolat F1, F2 dan F10 mampu mendegradasi limbah organik dengan indikasi penurunan berat kering yang cukup signifikan yaitu berat akhir sebesar 73,3 % (F1), 66,6% (F2), 53,3% (F10). Hasil indentifikasi secara makroskopis dan mikroskopis ketiga isolat ini dari genus *Aspergillus*. Biodegradasi selulosa oleh fungi selulolitik terdiri dari tiga kegiatan utama yaitu Enzim endo- β -1,4-glukanase memecah ikatan β -1,4 glukosida secara acak terutama pada bagian amorf untuk menghasilkan selobiosa sebagai produk utama, kemudian Enzim ekso- β -1,4-selobiohidrolase memisahkan selobiosa dari ujung non pereduksi rantai selulosa, selanjutnya Enzim β -glukosidase menghidrolisis selobiosa dan rantai pendek selooligosakarida untuk menghasilkan glukosa. Dari hasil penelitian didapatkan kesimpulan bahwa fungi yang diperoleh dari tanah TPA talangagung berpotensi dalam menguraikan limbah organik yang ditandai dengan penurunan berat kering limbah yang cukup signifikan setelah diberi perlakuan penambahan fungi.

ABSTRACT

Alfarihah, Arifatul Maula. 2020. Biodegradation of Organic Waste by Cellulolytic Fungi from The Soil of Talangagung Landfill, Kepanjen, Malang Regency Through *In Vitro*. Thesis. Departement of Biologi, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University of Malang. Biologi Advisor: Prilya Dewi Fitriasari, M.Sc., Dr. Ahmad Barizi, M.A.

Keywords: Biodegradation, Organic Waste, Cellulolytic Fungi.

High cellulose content in organic waste can be easily degraded only by certain specific organisms such as fungi. Kadarmoidheen (2012) in his research used *Trichoderma viride*, *Aspergillus niger* and *Fusarium oxysporum* fungi to degenerate cellulose waste. The results showed that *T. viride* fungi showed the highest ability in degrading cellulose waste, then *A. niger* and finally *F. oxysporum*. The purpose of this study is to obtain cellulolytic fungi that have the potential to degrade organic waste and to determine the characteristics of cellulolytic fungi that are able to degrade the best organic waste. The method used; fungi isolation, qualitative cellulolytic activity test, in vitro biodegradation test stage and macroscopic and microscopic identification of fungi. The results showed 10 fungi isolates, three isolates have the highest cellulolytic index, namely F1, F2 and F10. Three fungi isolates were tested in vitro in the waste and incubated for 60 days. Waste biodegradation showed that isolates F1, F2 and F10 were able to degrade organic waste with an indication of a significant reduction in dry weight ie final weight of 73.3% (F1), 66.6% (F2), 53.3% (F10). The results of macroscopic and microscopic identification of these three isolates from the genus *Aspergillus*. Cellulose biodegradation by cellulolytic fungi consists of three main activities, namely endo- β -1,4-glucanase enzymes break the β -1,4 glucoside bonds randomly, especially in the amorphous part to produce cellobiose as the main product, then the enzyme eco- β -1, 4-selobiohydrolase separates cellobiose from the non-reducing end of the cellulose chain, then β -glucosidase enzymes hydrolyze cellobiose and short chains of selooligosaccharides to produce glucose. From the results of the study concluded that the fungi obtained from landfill Talangagug landfill has the potential to decompose organic waste which is characterized by a significant reduction in dry weight of waste after being given additional treatment of fungi.

المستخلص

الفرجة ، أريفة المولى. 2020. التحلل الحيوي للنفايات العضوية بواسطة الفطريات المحللة للسليولة من تربة تالانجاوونج مكب النفايات ، كيبانج ، مالانج ريجنسي من خلال المختبر. أطروحة. قسم علم الأحياء ، كلية العلوم والتكنولوجيا ، جامعة مالانا دكتور. أحمد باريزي ، ماجستير. فريليا دوي فترياساري، مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية في مالانغ. مستشارة علم الأحياء

الكلمات المفتاحية: التحلل الحيوي ، النفايات العضوية ، الفطريات السيلوليتية

يمكن أن يتحلل المحتوى العالي من السليلوز في النفايات العضوية بسهولة فقط بواسطة بعض الكائنات *T. viride* لتدهور نفايات السليلوز. أظهرت النتائج أن الفطريات الحية المحددة مثل الفطريات. استخدم الغرض من هذه *F. oxysporum*. وأخيرا *A. niger* أظهرت أعلى قدرة في تحلل فضلات السليلوز ، ثم الدراسة هو الحصول على الفطريات المحللة للسليولة التي لها القدرة على تحلل النفايات العضوية وتحديد خصائص الفطريات المحللة للسيلوليت التي يمكنها تحلل أفضل النفايات العضوية. الطريقة المستخدمة ؛ عزل الفطريات ، واختبار نشاط التحلل الخلوي النوعي ، ومرحلة اختبار التحلل البيولوجي في المختبر ، والتعرف على الميكروسكوبي والميكروسكوبي للفطريات. أظهرت النتائج 10 عزلات للفطريات ، ثلاث تم اختبار ثلاث عزلات للفطريات في المختبر وتم F10 ، F2 ، F1 عزلات لها أعلى مؤشر خلوي ، وهي كانت قادرة على تحلل F10 و F2 و F1 احتضانها لمدة 60 يوم. أظهر التحلل الحيوي للنفايات أن العزلات و 66.6% (F1) النفايات العضوية مع إشارة إلى انخفاض كبير في الوزن الجاف أي الوزن النهائي 73.3%. نتائج التعرف المجهرية والميكروسكوبي لهذه العزلات الثلاث من جنس (F10) و 53.3% (F2) يتكون التحلل الحيوي للسليولة عن طريق الفطريات السيلوليتية من ثلاثة أنشطة رئيسية ، *Aspergillus* بشكل عشوائي ، خاصة في β -1,4-غلوكاناز التي تكسر ارتباطات غلوكوزات-4،1- β -وهي إنزيمات إندو *-selobiohydrolase* ، يفصل β -14-ekso-جزء غير المتبلور لإنتاج السليلوز كمنتج رئيسي ، ثم إنزيم تحلل السليلوز β -glucosidase السليلوز عن الطرف غير المختزل لسلسلة السليلوز ، ثم إنزيمات لإنتاج الجلوكوز. من نتائج الدراسة خلصت إلى أن *selooligosaccharides* والسلاسل القصيرة من الفطريات التي تم الحصول عليها من مكب تالانجاوونج للمكب يمكن أن تتحلل النفايات العضوية التي تتميز بانخفاض كبير في الوزن الجاف للمخلفات بعد إعطائها معالجة إضافية للفطريات

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Allah SWT berfirman dalam QS. Al-A1-A'raf Ayat 56 yang berbunyi:

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا وَادْعُوهُ خَوْفًا وَطَمَعًا إِنَّ رَحْمَتَ اللَّهِ قَرِيبٌ مِنَ الْمُحْسِنِينَ

Artinya: “Dan janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi, sesudah (Allah) memperbaikinya dan Berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut (tidak akan diterima) dan harapan (akan dikabulkan). Sesungguhnya rahmat Allah Amat dekat kepada orang-orang yang berbuat baik.”

Ayat diatas menjelaskan tentang tingkah laku manusia yang dapat menimbulkan kerusakan di muka bumi dan membahayakan kelestariannya. Manusia sebagai makhluk-Nya yang paling sempurna diperintahkan untuk mengelola alam dengan sebaik-baiknya, supaya kelestarian alam tetap terjaga. Salah satu cara yang dapat dilakukan yaitu mengurangi dampak limbah yang dihasilkan oleh manusia itu sendiri dengan mengolahnya secara baik dan benar.

Kegiatan manusia dalam memanfaatkan hasil alam seringkali meninggalkan bekas yang dianggap tidak berguna. Limbah merupakan sebagian dari suatu yang tidak terpakai, tidak disenangi atau sesuatu yang harus dibuang serta berasal dari kegiatan yang dilakukan oleh manusia. Limbah menjadi masalah yang cukup serius, dikarenakan limbah dapat mencemari dan mengganggu keindahan lingkungan (estetika lingkungan) serta mengganggu stabilitas makhluk hidup (Gunawan, dkk, 2015).

Sumber limbah terbanyak di Indonesia berasal dari pasar dan pemukiman. Limbah pasar dapat berasal dari pasar sayur mayur, pasar buah dan pasar

ikan. Pasar-pasar tersebut memiliki jenis yang relatif seragam yaitu 95% berupa limbah organik. Sementara itu limbah yang berasal dari pemukiman umumnya 75% berupa limbah organik dan 25% limbah anorganik (Gunawan, dkk, 2015). Produksi limbah di Kabupaten Malang berdasarkan Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Kabupaten Malang tahun 2014, limbah yang dihasilkan setiap harinya sebanyak 1004,86 ton. Komposisi limbah berupa 65,64 % limbah organik dan sisanya 34,36% limbah anorganik yang terdiri dari sampah tekstil, karet, besi, kaca dan lain-lain.

Selama ini pengolahan limbah organik dilakukan dengan cara dibuang langsung ke tempat pemrosesan akhir (TPA). Akan tetapi, ada juga sebagian kecil dikomposting ataupun dibakar. Penanganan limbah organik dengan cara pembakaran akan menimbulkan masalah lain, seperti pencemaran udara. Salah satu metode ramah lingkungan yang dapat digunakan untuk menangani masalah tersebut yaitu dengan biodegradasi. Biodegradasi sebagai salah satu pengolahan limbah secara biologi dengan memanfaatkan peran mikroorganisme. Mikroorganisme yang digunakan sebagai agen biodegradasi adalah mikroorganisme yang mampu menguraikan limbah organik menjadi senyawa organik yang lebih sederhana. Penguraian ini terjadi karena mikroorganisme mampu memanfaatkan limbah organik sebagai sumber nutrisi dan sumber karbon untuk mendukung pertumbuhannya (Turista, 2017).

Komposisi biomassa berat kering dari limbah organik sayur yaitu mengandung 75% pati, hemiselulosa dan selulosa (Wiratmaja *et al*, 2011). Muktiani dkk (2007) menambahkan limbah sayur pasar memiliki kandungan

protein kasar 23,87%, serat kasar 22,62%, lemak kasar 1,75% dan abu 12,50%. Menurut Aziz *et al* (2002) sayuran memiliki kandungan selulosa yang tinggi, selulosa dapat didegradasi dengan mudah hanya oleh organisme-organisme tertentu yang spesifik, diantaranya fungi, bakteri, Actinomycetes dan hewan-hewan tingkat rendah.

Pemanfaatan limbah pada penelitian ini, sejalan dengan apa yang tertera dalam Al-Qur'an surat Al-Imran ayat 191:

الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَمًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمٰوٰتِ وَالْاَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هٰذَا بَطٰلًا سُبْحٰنَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ

Artinya: “(yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri atau duduk atau dalam keadan berbaring dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata): "Ya Tuhan kami, tiadalah Engkau menciptakan ini dengan sia-sia, Maha Suci Engkau, maka peliharalah kami dari siksa neraka.”

Ayat diatas mengandung penjelasan bahwa semua makhluk ciptaan-Nya tidak diciptakan dengan percuma. Allah SWT tidak pernah menciptakan sesuatu di alam semesta ini dengan sia-sia dan tidak mempunyai hikmah yang mendalam dan tujuan tertentu (Shihab, 2005). Semuanya akan bermanfaat jika dikelola dengan baik. Pemanfaatan limbah organik dan mikroorganisme sebagai bahan biodegradasi ini menunjukkan bahwa segala sesuatu yang diciptakan tidaklah sia-sia, baik limbah organik dan mikroorganisme merupakan ciptaan Allah yang harus diperhatikan, dipikirkan dan dimanfaatkan agar memperoleh kemaslahatan.

Fungi selulolitik merupakan mikroorganisme yang dapat menghasilkan selulase untuk proses degradasi selulosa. Selulase merupakan suatu enzim

yang mampu menguraikan selulosa dengan cara menghidrolisis ikatan beta-1,4 glikosidik menjadi bentuk yang lebih sederhana. Fungi selulolitik dapat mengkatalis secara enzimatik reaksi pembusukan selulosa yang berasal dari tumbuhan atau limbah yang mengandung bahan-bahan organik di dalam menjadi glukosa, selobiosa dan polisakarida yang lebih pendek. Mikroorganisme yang dapat menghasilkan komponen selulase di antaranya adalah fungi *Trichoderma*, sehingga fungi ini sering disebut sebagai selulolitik sejati (Sepriyani, 2018). Kadarmoidheen (2012) menggunakan fungi *Trichoderma viride*, *Aspergillus niger* dan *Fusarium oxysporum* untuk mendegradasi limbah selulosa. Hasilnya fungi *T. viride* menunjukkan kemampuan paling tinggi dalam mendegradasi limbah selulosa kemudian *A. niger* dan terakhir *F. oxysporum*.

Efisiensi degradasi bahan organik oleh mikroorganisme bergantung pada kemampuannya dalam menghasilkan enzim selulase untuk mendegradasi selulosa. Selulosa merupakan bentuk karbohidrat yang tidak dapat didegradasi secara langsung. Fungi selulolitik memiliki 3 komponen penting enzim selulase yaitu endoglukosidase, beta-glukosidase dan selobiohidrolase. Sementara, bakteri hanya memiliki endoglukosidase dan selobiohidrolase, sehingga fungi lebih unggul dalam mendegradasi selulosa dibandingkan bakteri (Miyamoto, 1997). Fungi yang mampu menghasilkan enzim selulase dalam proses metabolisme antara lain genus *Trichoderma*, *Aspergillus*, *Chaetomiu*, *Myrothesium* dan *Penicilium* (Subowo, 2015).

Kandidat fungi selulolitik sebagai agen biodegradasi limbah organik dapat diperoleh dari sampel tanah di TPA. Tanah TPA terdapat kumpulan limbah organik maupun anorganik dari berbagai TPS sehingga diperkirakan banyaknya fungi didalamnya. TPA yang dipilih adalah TPA Talangagung, Kepanjen, Kabupaten Malang. TPA Talangagung telah menggunakan metode *controlled landfill* yaitu penutupan limbah menggunakan tanah. Proses penimbunan menghasilkan gas metan yang telah dialirkan sebagai bahan bakar. Gas metan yang dihasilkan merupakan proses metabolisme mikroorganisme dalam mendegradasi limbah yang tertimbun sehingga diperkirakan banyaknya fungi selulolitik di tanah TPA Talangagung tersebut yang dapat mendegradasi limbah organik (Renung, 2019).

Salah satu metode untuk mengetahui potensi fungi selulolitik dalam mendegradasi limbah organik yaitu melalui uji *in vitro*. Menurut Rudi dkk (2015) teknik *in vitro* adalah teknik pengukuran yang dapat dilakukan di laboratorium dengan meniru kondisi sebenarnya. Pada penelitian ini dilakukan uji *in vitro* karena bertujuan untuk menguji limbah dalam skala laboratorium dengan meniru keadaan yang sebenarnya di lapangan.

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, dapat diketahui bahwa limbah organik mampu di degradasi oleh fungi selulolitik. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengisolasi fungi selulolitik dari tanah TPA Talangagung, Kepanjen, Kabupaten Malang yang selanjutnya digunakan untuk biodegradasi limbah organik.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang diuraikan diatas, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana potensi fungi selulolitik dalam mendegradasi limbah organik?
2. Bagaimana karakteristik morfologi fungi selulolitik yang mampu mendegradasi limbah organik terbaik?

1.3 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mendapatkan fungi selulolitik yang berpotensi dalam mendegradasi limbah organik
2. Mengetahui karakteristik fungi selulolitik yang mampu mendegradasi limbah organik terbaik.

1.4 Hipotesis penelitian

Hipotesis dari penelitian ini adalah:

1. Terdapat aktivitas yang dilakukan oleh fungi selulolitik dalam mendegradasi limbah organik.
2. Terdapat isolat fungi selulolitik yang paling berpotensi untuk mendegradasi limbah organik.

1.5 Manfaat penelitian

Penelitian ini diharapkan mempunyai manfaat sebagai berikut:

1. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai fungsi selulolitik yang berpotensi sebagai agen pendegradasi selulosa dalam biodegradasi limbah organik.
2. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan alternatif dalam mengolah limbah organik.

1.6 Batasan masalah

Untuk mendapatkan penelitian yang lebih terarah, maka penelitian ini perlu dibatasi sebagai berikut:

1. Fungi selolitik diisolasi dari tanah TPA Talangagung, Kepanjen Kabupaten Malang.
2. Limbah yang digunakan yaitu jenis limbah organik sayur-sayuran dari pasar.
3. Pengujian potensi fungi selulolitik dalam degradasi menggunakan media CMC.
4. Penelitian ini dilakukan sampai tahap uji biodegradasi secara in vitro.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Tentang Limbah dalam Islam

Allah SWT berfirman dalam QS. Al-Isra' ayat 7 yang berbunyi:

إِنْ أَحْسَنْتُمْ أَحْسَنْتُمْ لِأَنْفُسِكُمْ وَإِنْ أَسَأْتُمْ فَلَهَا فَإِذَا جَاءَ وَعْدُ آخِرَةٍ لَيْسُوا بِوَجوهَكُمْ
وَلِيَدْخُلُوا الْمَسْجِدَ كَمَا دَخَلُوهُ أَوَّلَ مَرَّةٍ وَلِيَبْتَلُوا مَا عَلُوا تُثْبِيرًا

Artinya: "Jika kamu berbuat baik (berarti) kamu berbuat baik bagi dirimu sendiri dan jika kamu berbuat jahat, maka (kejahatan) itu bagi dirimu sendiri, dan apabila datang saat hukuman bagi (kejahatan) yang kedua, (Kami datangkan orang-orang lain) untuk menyuramkan muka-muka kamu dan mereka masuk ke dalam mesjid, sebagaimana musuh-musuhmu memasukinya pada kali pertama dan untuk membinasakan sehabis-habisnya apa saja yang mereka kuasai".

Menurut Abdullah dalam *tafsir Ibnu Katsir*, ayat diatas menjelaskan bahwa siapa yang berbuat baik maka pahalanya untuk dirinya sendiri dan siapa yang berbuat jahat maka dosanya untuk dirinya sendiri. Apabila datang saat hukuman bagi mereka (kejahatan) yang kedua, akan datang musuh yang merajalela dikampung-kampung untuk menghancurkan dan meluluhlantakkan yang tampak oleh mereka.

Pada ayat diatas menjelaskan bahwa siapapun yang berbuat baik maka pahalanya untuk dirinya sendiri dan siapapun yang berbuat buruk maka dosanya untuk dirinya sendiri. Sama halnya dengan seorang hamba mengolah limbah yang dianggap tidak berguna dan memelihara lingkungan dengan baik maka yang dirasakan adalah kenyamanan dan kedamaian karena lingkungannya terjaga. Namun, apabila seorang hamba tidak mengolah lingkungan dengan baik dan membiarkan limbah-limbah ditumpuk dan dibuang tanpa diolah maka akan berdampak buruk bagi dirinya, seperti

kesehatan diri dan lingkungannya. Maka perlu bagi seseorang hamba untuk menjaga lingkungan dengan baik.

2.2 Limbah

Limbah merupakan bahan buangan dari kegiatan rumah tangga, komersial, industri atau aktivitas-aktivitas yang dilakukan manusia lainnya. Limbah juga merupakan hasil sampingan dari aktivitas manusia yang tidak terpakai (Nurhidayat, 2006). Menurut Nilamsari (2012) limbah adalah bahan yang terbuang atau dibuang dari hasil aktivitas manusia maupun proses alam yang belum memiliki nilai ekonomis.

Limbah adalah segala sesuatu yang tidak lagi dikehendaki oleh yang punya dan bersifat padat. Limbah ada yang mudah membusuk dan ada pula yang tidak mudah membusuk. Limbah yang mudah membusuk terdiri dari zat-zat organik seperti sayuran, sisa daging, dan lain sebagainya, sedangkan yang tidak mudah membusuk berupa plastik, kertas, karet, logam, abu sisa pembakaran dan lain sebagainya (Soemirat Slamet, 2004).

Limbah atau *waste* merupakan zat-zat atau benda-benda yang sudah tidak terpakai lagi, baik berupa buangan yang berasal dari rumah tangga maupun dari pabrik sebagai sisa industri. Berdasarkan sumbernya, limbah dibagi menjadi limbah rumah tangga, limbah pasar, limbah dari bangunan, limbah jalanan dan limbah industri. Berdasarkan bahan-bahan yang terkandung didalamnya, limbah dibedakan menjadi limbah organik, limbah anorganik dan limbah B3 (Sinaga, 2009).

Limbah akan berbahaya bagi kesehatan manusia bila tidak dikelola dengan baik. Tempat pembuangan limbah sering menjadi sarang tempat bagi hewan penyebar penyakit seperti lalat, nyamuk, tikus, dan kecoa, selain itu limbah yang dibuang sembarangan misalnya kedalam selokan atau sungai, akan mengambat jalannya aliran air. Penumpukan limbah di suatu tempat juga dapat menyebabkan suatu pencemaran, dan menyebabkan sumber penyakit sedangkan pembakaran limbah akan menyebabkan pencemaran udara, karena adanya asap dan partikel padat yang ikut terbang ke udara, serta juga akan memicu pencemaran global (Gusmini dkk, 2010).

2.3 Sumber Limbah

Sumber limbah diperoleh dari berbagai tempat yaitu (Sinaga, 2009):

1. Sumber buangan rumah tangga, termasuk sisa bahan makanan, sisa pembungkus makanan dan pembungkus perabotan rumah tangga sampai sisa tumbuhan dikebun dan sebagainya.
2. Limbah buangan pasar dan tempat-tempat umum (warung, toko dan lain sebagainya) termasuk sisa makanan, sampah pembungkus makanan, dan pembungkus lainnya, sisa bangunan, sampah tanaman dan lain sebagainya.
3. Limbah buangan jalanan termasuk diantaranya sampah berupa debu dijalanan, sampah sisa tanaman, sampah pembungkus bahan makanan, sisa makanan, sampah berupa kotoran serta bangkai hewan.
4. Limbah industri termasuk diantaranya air limbah industri, sisa bahan baku dan bahan jadi.

5. Limbah yang berasal dari perkantoran berupa kertas-kertas, plastik dan klip.
6. Limbah berasal dari pertanian atau perkebunan berupa jerami, sisa sayur-mayur, batang padi, batang jagung, ranting kayu dan lain sebagainya.
7. Limbah yang berasal dari pertambangan misalnya berupa batu-batuan, tanah/cadas, pasir, sisa-sisa pembakaran (arang) dan lain sebagainya

2.4 Limbah organik Sayur

Limbah organik adalah limbah yang mengandung senyawa-senyawa organik yang tersusun dari unsur-unsur karbon, hidrogen dan oksigen. Limbah organik mudah diuraikan secara alami dan membusuk, seperti sisa daging, sisa sayuran, daun-daunan dan limbah kebun. Limbah organik dibagi menjadi dua macam yaitu limbah organik kering dan limbah organik cair. Limbah organik basah adalah limbah yang mempunyai kandungan air yang cukup banyak seperti kulit buah dan sisa sayuran, sedangkan bahan yang termasuk limbah organik kering adalah kayu, ranting kering, dan dedaunan kering (Julius, 2013).

Limbah sayuran merupakan limbah yang jumlahnya banyak di pasar khususnya pasar tradisional. Limbah sayuran adalah sayuran yang sudah tidak dapat digunakan atau dibuang. Limbah sayuran terdiri dari limbah sawi hijau, sawi putih dan kubis serta masih banyak lagi limbah-limbah sayuran lainnya (Rety, 2016).

Limbah pasar sayur adalah limbah padat organik, terdiri dari kumpulan berbagai macam sayuran setelah disortir karena tidak layak jual. Limbah sayur

biomassa berat keringnya mengandung 75% pati, hemiselulosa, dan selulosa (Wiratmaja *et al*, 2011). Menurut Muktiani dkk (2007) limbah sayur pasar memiliki kandungan protein kasar 23,87%, serat kasar 22,62%, lemak kasar 1,75%, abu 12,50%.

2.5 Pengelolaan Limbah

Pengelolaan limbah yang dapat dilakukan oleh masyarakat adalah dengan mempraktekan gerakan 3R (*Reduce, Reuse* dan *Recycle*) (Hasim & Hedianto, 2010) :

1. *Reduce*, mengurangi produksi sampah dan tidak melakukan pola konsumsi yang berlebihan atau melakukan konsumsi berdasarkan kebutuhan bukan keinginan.
2. *Reuse*, menggunakan kembali barang-barang yang masih layak pakai atau dengan mengurangi kebiasaan konsumtif dan mengurangi potensi penumpukan limbah
3. *Recycle*, mengolah kembali yaitu kegiatan yang memanfaatkan barang bekas atau limbah dengan cara mengolahnya menjadi materi yang dapat digunakan lebih lanjut.

Menurut Nur hidayat (2006), sampah organik dapat diolah menjadi:

1. Kompos, merupakan hasil penguraian atau penghancuran dari campuran bahan-bahan organik yang dapat dipercepat secara artifisial (buatan manusia) dengan meningkatkan populasi berbagai mikroba, cacing atau jamur dalam kondisi tertentu

2. Pupuk cair, sifatnya lebih mudah diserap oleh tanaman karena unsur-unsur didalamnya sudah terurai. Tidak hanya menyerap unsur hara dari dalam tanah tetapi bisa juga menyerap unsur hara dari daun jika disemprotkan pada daun.
3. Briket, merupakan padatan yang umumnya berasal dari limbah pertanian.

2.6 Fungi

Fungi adalah organisme heterotrof yang memerlukan senyawa organik untuk nutrisinya. Dinding sel fungi terdiri dari kitin, sel fungi tidak mengandung klorofil sehingga tidak dapat berfotosintesis seperti tumbuhan. Fungi memperoleh makanan secara heterotrof dengan mengambil makanan dari bahan organik. Bahan-bahan organik yang ada di sekitar tempat tumbuhnya diubah menjadi molekul-molekul sederhana dengan bantuan enzim yang dihasilkan hifa (Pelezar, 1986).

Badan vegetatif fungi tersusun dari filamen-filamen disebut tallus, yang pada dasarnya terdiri atas dua bagian yaitu miselium dan spora. Miselium merupakan kumpulan beberapa filamen yang disebut hifa. Bagian terpenting dari fungi adalah hifa, karena hifa berfungsi menyerap nutrient dari lingkungan serta membentuk struktur untuk reproduksi. Hifa merupakan struktur fungus berbentuk tabung menyerupai seuntai benang panjang yang terbentuk dari pertumbuhan spora atau konidia. Hifa sudah bisa bereproduksi mempunyai ukuran tebal berkisar 100-150 um. Hifa dewasa mempunyai tambahan bahan pada dinding selnya, yaitu melanin dan lipid (Sigler, 1983).

Berdasarkan fungsinya dibedakan dua macam hifa, yaitu hifa fertil dan hifa vegetatif. Hifa fertil adalah hifa yang dapat membentuk sel reproduksi atau spora. Apabila hifa tersebut arah pertumbuhannya keluar dari media disebut hifa udara. Hifa vegetatif adalah hifa yang berfungsi untuk menyerap makanan dari substrat. Berdasarkan bentuknya dibedakan menjadi dua macam hifa, yaitu hifa tidak berseptata dan hifa berseptata. Hifa tidak berseptata adalah ciri fungi yang termasuk phycomycetes (fungi tingkat rendah). Hifa ini merupakan sel yang memanjang, bercabang, terdiri dari sitoplasma dengan banyak inti (senositik). Hifa yang berseptata merupakan ciri dari fungi tingkat tinggi atau termasuk eumycetes (Summerbell, 1988).

Fungi bereproduksi secara aseksual dan seksual. Reproduksi secara aseksual bisa disebut sebagai reproduksi vegetatif dengan membentuk karpus yang di dalamnya mengandung hifa fertil yang menghasilkan spora atau konidia. Sedangkan reproduksi secara seksual, spora yang dihasilkan dari peleburan dua nucleus dari induknya (Pelezer, 1986).

Fungi memiliki daya pemecahan selulosa lebih tinggi daripada bakteri, spesies fungi selulolitik yang dapat memecah selulosa antara lain *Aspergillus funigatus*, *Aspergillus nidulans*, *Botrytris cinerea*, *Rhizoctonia solani*, *Trichoderma viride*, *Chaetium globasum* dan *Myrothecium verrucaria* (Schlegel, 1994).

2.7 Biodegradasi oleh Fungi Selulolitik

Biodegradasi adalah suatu proses penguraian secara biologis bahan organik maupun anorganik. Biodegradasi bahan organik oleh mikroorganisme yaitu dengan memanfaatkan bahan organik sebagai sumber energi (Isroi, 1997). Selama proses degradasi bahan organik, kadar karbon pada materi organik turun karena senyawa karbon diubah menjadi CO₂ dan biomassa sel organisme yang lebih efisien dalam hal ini adalah organisme yang mampu menghasilkan bahan-bahan organik yang lebih banyak dibanding CO₂ yang dilepaskan (Anas, 1992).

Umumnya degradasi dapat berlangsung secara aerob dan anaerob, degradasi secara aerob dapat terjadi bila mendapat udara yang cukup dan berlangsung pada kelembapan 50-70%. Mikroorganisme perombak menggunakan karbon sebagai sumber energi dan bahan pembentuk protoplasma sedangkan pada kelembapan 75-85 % degradasi akan berlangsung secara anaerob (Schlegel, 1994). Proses degradasi organik tanpa penambahan inokulum berlangsung selama 2-4 bulan (Apriadi, 1998). Perubahan-perubahan yang terjadi adalah proses penguraian, pengikatan, dan pembebasan sebagai zat atau unsur hara (Sutedjo, 1990). Mereduksi ukuran potongan bahan mentah akan mempercepat proses biodegradasi, ini disebabkan semakin luas permukaan yang tersedia bagi mikroorganisme pengurai untuk mendegradasi material-material organik tersebut (Murbandono, 1997).

Peran penting mikroorganisme dalam degradasi selulosa adalah menguraikan unsur hara yang terikat dalam material organik yang sukar larut diubah menjadi senyawa organik yang terlarut. Penguraian tersebut menghasilkan senyawa asam format, asam malat, gula reduksi, gula non reduksi, asam fosfat dan unsur hara. Fungi mengurai selulosa dengan mengubahnya menjadi CO₂ dan materi sel, kemudian energi dan CO₂ yang terbentuk digunakan untuk pertumbuhannya. Untuk keperluan tersebut dihasilkan enzim ekstraseluler karena sel mikroorganisme *impermeabel* terhadap molekul selulosa. Enzim yang dihasilkan mikroorganisme untuk merombak selulosa adalah enzim selulase yang merupakan suatu kompleks enzim yang bekerja secara sinergistik. Kompleks enzim selulase sekurang-kurangnya melibatkan tiga komponen utama, yaitu : endoglukanase, eksoglukanase atau selobiohidrolase, β-glukosidase (Fan dan Lee, 1983; Schlegel, 1994). Fan dan Lee (1983) mengemukakan bahwa selulosa tersusun atas dua bagian kristal dan amorf. Bagian amorf lebih mudah diserang oleh enzim daripada bagian kristal, karena rendahnya aktivitas selulase pada bagian kristal dengan adanya ikatan hidrogen intramolekuler dan intermolekuler yang kompleks.

Selain struktur kristal dan amorf, luas permukaan partikel selulosa juga menentukan tingkat degradasi, karena terserapnya molekul enzim pada permukaan partikel selulosa merupakan tahap awal proses degradasi. Enzim selulase tidak dapat bekerja pada lignin, hal tersebut dikarenakan lignin berukuran makro molekul (BM 38.000-75.000) sehingga enzim selulase tidak

dapat berpenetrasi ke dalam lapisan lignin yang dilindungi oleh selulosa dan hemiselulosa (Judoamidjojo *et al.*, 1989). Sehubungan dengan hal ini Isroi (1997) menyatakan bahwa perlakuan pendahuluan secara mekanis untuk mengurangi ukuran partikel dan mendorong pembengkakan selulosa merupakan hal penting dalam peningkatan degradasi selulosa. Selain itu praperlakuan kimiawi sebelum proses enzimatik yang dilakukan dengan melarutkan substrat lignoselulosa ke dalam larutan asam atau basa kuat untuk mengurangi lignin juga dapat meningkatkan degradasi selulosa.

Fan dan Lee (1983) mengemukakan bahwa mekanisme hidrolisis selulosa secara enzimatik sebagai berikut :

1. Enzim endo- β -1,4-glukanase yang memecah ikatan β -1,4 glukosida secara acak, terutama pada bagian amorf untuk menghasilkan selobiosa sebagai produk utama. Tetapi enzim ini tidak aktif pada bagian kristal.
2. Enzim ekso- β -1,4-selobiohidrolase memisahkan suatu unit selobiosa dari ujung non pereduksi rantai selulosa. Komponen ini tidak terlalu aktif menyerang baik daerah kristal maupun daerah amorf, tetapi setiap komponen ini berinteraksi dengan kedua daerah tersebut.
3. Enzim β -glukosidase menghidrolisis selobiosa dan rantai pendek selooligosakarida untuk menghasilkan glukosa.

Faktor-faktor yang mempengaruhi biodegradasi antara lain (Hames dan Hooper, 2005) :

1. Substrat

Ukuran dan komponen senyawa yang menyusun substrat merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi degradasi. Degradasi akan berlangsung lebih cepat bila ukuran substrat lebih kecil dan senyawa penyusunnya lebih sederhana. Sebaliknya, jika ukuran substrat lebih besar dan senyawa penyusunnya lebih kompleks dibutuhkan waktu yang lebih lama untuk mendegradasinya.

2. Sumber Nitrogen

Nitrogen diperlukan karena dapat mempengaruhi aktivitas fungi untuk menghasilkan enzim ekstraseluler. Bahan yang banyak digunakan sebagai sumber nitrogen adalah ammonium nitrat, ammonium sulfat, dan urea. Jika enzim ekstraseluler yang dihasilkan oleh fungi banyak, maka degradasi akan berlangsung lebih cepat. Sebaliknya, jika enzim ekstraseluler yang dihasilkan oleh fungi sedikit, maka degradasi akan berlangsung lebih lama.

3. pH

Dalam proses degradasi, pH merupakan faktor yang sangat penting karena enzim-enzim tertentu hanya akan mengurai suatu substrat sesuai dengan aktivitasnya pada pH tertentu. Umumnya fungi menyukai pH di bawah 7 (Gandjar, 2006). Jika pH sesuai dengan aktivitas enzim, maka kerja enzim ekstraseluler untuk mendegradasi substrat akan optimal.

4. Suhu

Selain pH, suhu juga mempengaruhi kerja enzim untuk mendegradasi substrat. Peningkatan suhu menyebabkan energi kinetik pada molekul substrat dan enzim meningkat, sehingga degradasi juga meningkat. Namun suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan rusaknya enzim yang disebut denaturasi, sedangkan suhu yang terlalu rendah dapat menghambat kerja enzim. Bila kerja terhambat atau struktur enzim rusak maka degradasi tidak dapat berlangsung dengan baik.

5. Kelembaban

Kelembaban merupakan faktor penting yang dapat mempengaruhi pertumbuhan fungi, biosintesis, dan sekresi enzim. Kelembaban yang rendah menyebabkan berkurangnya kelarutan nutrisi di dalam substrat, derajat pertumbuhan rendah, dan tegangan air tinggi. Sedangkan level kelembaban yang lebih tinggi dapat menyebabkan berkurangnya enzim yang dihasilkan karena dapat mereduksi porositas (jarak interpartikel) pada matriks padatan, sehingga menghalangi transfer oksigen. Jika jumlah enzim berkurang, maka proses degradasi akan berlangsung lebih lama (Dias *et al.*, 2007).

2.8 Selulosa

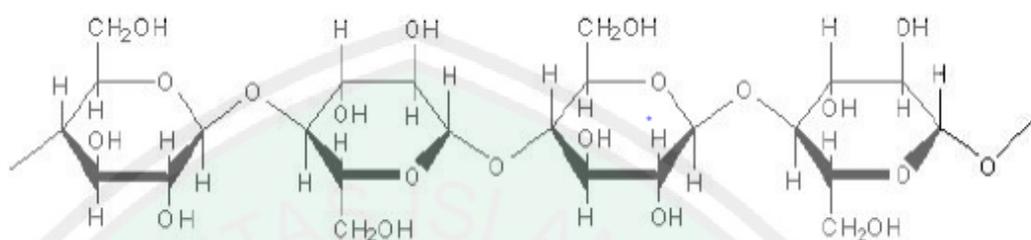
Selulosa merupakan komponen utama penyusun dinding sel tanaman. Kandungan selulosa pada dinding sel tanaman tingkat tinggi sekitar 35-50% dari berat kering tanaman (Lynd *et al.*, 2002). Selulosa merupakan polimer glukosa dengan ikatan β -1,4 glukosida dalam rantai lurus, struktur dasar selulosa berupa suatu selobiosa yaitu dimer dari glukosa. Rantai panjang

selulosa terhubung bersama melalui ikatan hidrogen dan gaya vanderWaals. Selulosa mengandung sekitar 50-90% bagian kristal dan sisanya bagian amorf. Selulosa merupakan satu polimer dari glukosa yang memiliki struktur fisik yang spesifik dan resistan terhadap bahan-bahan reaksi kimiawi. Selulosa memiliki bentuk senyawa kimiawi terpisah (tunggal).

Selulosa banyak terdapat pada bahan-bahan berserat dan berkayu seperti pada jerami, rumput, daun-daunan, batang, dan ranting tanaman. Pada tanaman muda dan tanaman yang banyak mengandung air, bahan dinding selnya memiliki persentase jumlah yang rendah, sedangkan kandungan gula, protein dan bahan-bahan yang terlarut memiliki persentase jumlah yang tinggi. Pada tanaman dewasa, batang, daun dan ranting-rantingnya memiliki kandungan selulosa yang tinggi. Selulosa dapat didegradasi dengan mudah hanya oleh organisme-organisme tertentu yang spesifik, diantaranya kapang, bakteri, Actinomycetes dan hewan-hewan tingkat rendah (Aziz *et al.*, 2002).

Selulosa merupakan polisakarida yang mempunyai rumus molekul $(C_6H_{10}O_5)_n$ dan sebagian bahan dasar dari jaringan tanaman. Secara alamiah molekul selulosa disusun dalam bentuk fibril, terdiri dari beberapa molekul glukosa paralel yang dihubungkan oleh ikatan hidrogen (Jalil, 2004). Selulosa membentuk komponen serat dari dinding sel tumbuhan. Tingkat kekuatan selulosa disebabkan oleh struktur keseluruhannya. Molekul selulosa merupakan rantai-rantai, atau mikrofibril dari D-glukosa sampai sebanyak 14.000 satuan yang terikat satu sama lain oleh ikatan hidrogen. Suatu molekul

tunggal selulosa merupakan polimer lurus dari 1,4- β -D-glukosa (Howard, 2003).



Gambar 2.1 struktur kimia rantai selulosa (Isroi, 1997).

Selulosa merupakan komponen utama penyusun dinding sel tanaman dan hampir tidak pernah ditemui dalam keadaan murni di alam, melainkan berikatan dengan bahan lain, yaitu lignin dan hemiselulosa (Lynd *et al.*, 2002) membentuk suatu lignoselulosa. Degradasi selulosa oleh fungi merupakan hasil kerja sekelompok enzim selulase (Howard *et al.*, 2003) yang bekerja secara sinergis. Menurut Sudana (1993) titik pusat pendekomposisian selulosa terletak pada pecahnya ikatan 1,4 β -glukosida. Pecahnya ikatan 1,4 β -glukosida menyebabkan selulosa terhidrolisis menjadi senyawa yang lebih sederhana, yaitu oligosakarida (terutama selobiosa). Selanjutnya oligosakarida akan terhidrolisis menjadi monosakarida (terutama glukosa). Pemecahan ikatan 1,4 β -glukosida dilakukan oleh kompleks enzim selulase.

Sistem selulase sekurang-kurangnya terdiri dari tiga enzim: Enzim endo β -1,4-glukanase mempengaruhi secara serentak ikatan β -1,4 di dalam makromolekul dan menghasilkan potongan-potongan besar berbentuk rantai dengan ujung-ujung bebas, Enzim ekso- β -1,4-glukanase memotong mulai dari

ujung-ujung rantai disakarida selobiosa, Enzim β -glukosidase menghidrolisis selobiosa dengan membentuk glukosa. Enzim-enzim ini hanya akan dibentuk oleh mikroorganisme (Schlegel dan Schmidt, 1994).

2.9 Enzim selulase

Enzim adalah katalisator dalam reaksi biokimia dan setiap enzim memiliki kemampuan spesifik untuk merubah molekul tertentu. Sebagai katalisator, enzim hanya meningkatkan kecepatan reaksi dan sangat spesifik untuk reaksi yang dikatalisnya (Rismijana, 2003). Semua enzim pada dasarnya dihasilkan di dalam sel, akan tetapi beberapa enzim dapat dieksekresikan melalui dinding sel dan dapat berfungsi diluar sel. Oleh karena itu dikenal dua tipe enzim, yaitu enzim ekstraseluler (eksoenzim) dan intraseluler (endoenzim). Enzim memiliki sifat tidak stabil, aktivitasnya dapat berkurang dengan nyata atau hancur oleh berbagai kondisi fisik atau kimiawi (Pelezar, 1986).

Selulase adalah enzim yang dapat mendegradasi selulosa. Umumnya selulase mendegradasi selulosa yang memiliki rantai yang lebih pendek dari komponen kayu (selulosa, hemiselulosa, lignin, ekstraktif dan mineral). Selulase dapat menjadi katalisator reaksi pendegradasian selulosa. Selulase kompleks mampu menghidrolisis kristal selulosa menjadi gula-gula terlarut secara efisien (Gong dan Tsao, 1979). Mikroorganisme yang mampu menghidrolisis selulosa disebut mikroorganisme selulolitik yang menghasilkan enzim selulase. Enzim ini tidak dapat disintesa oleh tanaman dan juga jarang dihasilkan oleh hewan. Istilah selulase secara umum digunakan untuk kelompok enzim yang mampu memutus ikatan β -1,4

glukosidik dalam molekul selulosa, selodekstrin, selobiosa dan turunan selulosa lainnya (Kulp, 1975). Enzim selulase dibagi ke dalam tiga kelompok, yaitu endo- β -1,4 glukukanase; ekso- β -1,4 glukukanase; dan enzim β -1,4 glukosidase. Enzim endo- β -1,4 glukukanase merupakan enzim yang mampu menghidrolisis selulosa secara acak menghasilkan selodekstrin, selobiosa, dan glukosa. Enzim ini sangat aktif memutus ikatan selulosa yang dapat larut (amorf) seperti carboxymethylcellulose (CMC) (Gong dan Tsao, 1979). Aktivitas enzim ini dapat diukur dengan memantau jumlah glukosa pereduksi yang dihasilkannya

Adapun keadaan-keadaan yang mempengaruhi laju reaksi yang dikatalis enzim dipengaruhi oleh (Murray, 1990) :

1. Suhu

Dua cara suhu yang dapat mempengaruhi aktifitas enzim adalah satu, suhu yang semakin tinggi dapat meningkatkan energi termal molekul substrat. Suhu yang semakin tinggi dapat menghasilkan energy yang dapat melebihi energi aktivasi dan meningkatkan tingkat reaksi. Kedua, adanya perubahan struktur protein yang menyusun enzim diakibatkan oleh suhu yang semakin tinggi. Hal ini dapat memutus interaksi nonkovalen (ikatan hidrogen, gaya van der Waals dan interaksi lainnya) yang menopang struktur tiga dimensi enzim (Hames dan Hooper, 2005).

Kecepatan reaksi kimia enzim akan meningkat seiring dengan kenaikan suhu eksternal. Denaturasi enzim yaitu rusaknya struktur protein enzim terjadi apabila kenaikan suhu terjadi terlalu tinggi. Perubahan pada ikatan ionik dan

ikatan *hydrogen* merupakan tanda denaturasi enzim. Kerusakan struktur protein ini menyebabkan penurunan kecepatan reaksi yang dikatalisis enzim (Saropah *et al.*, 2012). Kinetika enzim semakin meningkat dengan adanya suhu tinggi. Hal ini berguna untuk mencapai titik yang diperlukan untuk merusak ikatan kovalen yang menyusun struktur tiga dimensi enzim. Hal ini menyebabkan rantai polipeptida menjadi tidak terlipat (*unfolding*), rusak dan disertai aktivitas reaksi menurun secara drastis. Setiap enzim memiliki rentang suhu tertentu agar tetap stabil (Murray *et al.*, 2003). Aktivitas enzim selulase berada pada kisaran suhu inkubasi 35-80 °C agar tetap stabil (Fitriani, 2003).

2. pH

pH optimum adalah sifat pH yang menunjukkan aktivitas katalitik maksimum. Reaksi yang dikatalis enzim akan mengalami perubahan besar apabila terjadi perubahan pH. Selain itu, apabila berada pada pH yang tidak maksimal, akan menyebabkan denaturasi protein. Kisaran pH dalam aktifitas enzim selulase adalah pH 5,5-8,0 (Murray *et al.*, 2003). Aktivitas suatu enzim sangat dipengaruhi oleh konsentrasi ion. Pusat aktif enzim harus berada dalam keadaan ionisasi yang tetap agar menjadi aktif. Setiap enzim memiliki pH optimum, maksimum dan minimum (Murray *et al.*, 2003).

3. Konsentrasi Substrat

Konsentrasi substrat dapat meningkatkan atau menurunkan kecepatan reaksi suatu enzim. Konsentrasi substrat yang semakin tinggi akan meningkatkan kecepatan reaksi apabila konsentrasi substrat lebih sedikit dibandingkan konsentrasi enzim. Konsentrasi substrat memiliki kadar tertentu

dalam meningkatkan aktifitas reaksi. Peningkatan kadar substrat tidak akan mempengaruhi kecepatan reaksi ketika enzim jenuh dengan substrat (Volk dan Wheeler, 1988).

4. Konsentrasi Enzim

Kecepatan reaksi akan semakin meningkat dengan bertambahnya konsentrasi enzim pada kondisi substrat tertentu (Poedjiadi, 2006). Penambahan konsentrasi enzim akan meningkatkan kecepatan reaksi hingga batas konsentrasi tertentu. Namun, dengan konsentrasi enzim yang semakin tinggi akan menyebabkan hidrolisis substrat konstan. Hal ini disebabkan karena penambahan enzim sudah tidak efektif lagi (Reed, 1975).

2.10 Analisis selulolitik

Analisis kualitatif aktivitas fungsi selulolitik dapat dilakukan dengan pengukuran zona bening yang terbentuk disekitar koloni. Pembentukan zona bening menunjukkan bahwa selulosa yang terdapat didalam media dihidrolisis oleh enzim selulase menjadi senyawa selobiosa yang kemudian disederhanakan menjadi dua molekul glukosa (Perez dkk, 2002).

Koloni isolat yang ditumbuhkan pada media CMC selama 6 hari disiram dengan larutan *congo red* 0.1 %, untuk memperjelas terbentuknya zona bening. *Congo red* memiliki interaksi yang kuat dengan polisakarida yang mengandung rantai ikatan β -(1,4)-D-glukopiranosil (Teather dkk, 1982). Zona bening yang tidak terwarnai menandakan bahwa selulosa telah terhidrolisis menjadi senyawa yang lebih sederhana oleh enzim selulase. Enzim selulase merupakan enzim ekstraseluler, yaitu enzim yang dihasilkan

didalam sel dan dilepaskan kedalam media sehingga dapat menghidrolisis makromolekul seperti selulosa, kemudian hasil hidrolisis diserap sel (Crueger, 1984).

Congo red memiliki rumus $C_{32}H_{22}N_6Na_2O_6S_2$ dan berat molekul 696,66 g/mol pertama kali disintesis pada tahun 1883 oleh Paul Botiger yang bekerja di Bayer Company di Elberfeld, German. *Congo red* merupakan zat warna yang larut dalam air dan etanol. *Congo red* adalah garam sodium dari benzedinediazo-bis-1-naphthylamine-4-sulfonic acid yang bersifat karsinogenik dan dapat menyebabkan beberapa respon alergi terhadap manusia (Rasouli, 2017).

Fungi penghasil enzim selulase ekstraseluler akan menghidrolisis CMC (*carboxy methyl cellulose*) sebagai substrat, sehingga ikatan β -1,4-glikosida selulosa yang terdapat pada CMC menjadi terputus/terdegradasi dan mengakibatkan terbentuknya senyawa yang lebih sederhana seperti glukosa. Pada saat dilakukan pewarnaan menggunakan indikator *Congo Red*, substrat yang terhidrolisis tersebut tidak dapat mengikat indikator *Congo Red*, sedangkan substrat yang belum terhidrolisis masih dapat berikatan dengan *Congo Red*, sehingga setelah dibilas dengan aquades dan direndam beberapa menit menggunakan NaCl 1M, maka daerah di sekitar mikroba akan terbentuk zona bening. Kemampuan bakteri dalam menghidrolisa selulosa dinyatakan dalam bentuk indeks aktivitas selulolitik. Aktivitas enzim secara kualitatif dilihat dari intensitas warna dan semi kualitatif dinilai dari rasio diameter zona bening terhadap diameter koloni (Astrisni, 2017).

2.11 Identifikasi Fungi

Identifikasi dilakukan untuk mengetahui nama genus atau spesies fungi. Identifikasi dapat dilakukan dengan pengamatan morfologi (morfologi koloni dan sel), uji fisiologis dan biokimia (Barnett & Pankhurst, 2000). Pengamatan morfologi merupakan dasar utama yang digunakan untuk melakukan identifikasi dan klasifikasi fungi yaitu dengan pengamatan morfologi sel (pembentukan askospora, morfologi sel vegetatif, reproduksi aseksual, ada tidaknya produksi miselium sejati, pseudomiselium, ciri koloni, dan ciri pertumbuhan pada media (Jumiyati dkk., 2012).

Identifikasi fungi secara morfologi dapat dilakukan melalui pengamatan koloni dan sel. Karakter morfologi koloni dapat diidentifikasi berdasarkan warna, bentuk, elevasi, tepi, dan tekstur, sedangkan karakter morfologi sel dapat diidentifikasi berdasarkan bentuk, diameter, *Pseudohifa*, dan *Ascospore* (Wiratno, 2018).

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam mengidentifikasi fungi adalah (Fifendy, 2017):

1. Ada tidaknya askospora, kalau ada bagaimana pembentukannya (konjugasi isogami, heterogami, atau konjugasi askospora), bentuk, warna, ukuran, dan jumlah spora.
2. Bentuk, warna, dan ukuran sel vegetatifnya.
3. Cara reproduksi aseksual (bertunas, membelah, dsb.).
4. Ada tidaknya filamen atau pseudomiselium.
5. Pertumbuhan dalam medium dan warna koloninya.

2.11.1 Identifikasi Makroskopis

Pengamatan makroskopis merupakan pengamatan yang dilakukan secara langsung. Pengamatan ini meliputi deskripsi warna koloni, sifat koloni, diameter koloni, ada atau tidaknya warna khas pada dasar media (Sundari, 2012). Menurut Wiratno (2018) Identifikasi fungi secara morfologi dapat dilakukan melalui pengamatan koloni dan sel. Karakter morfologi koloni dapat diidentifikasi berdasarkan warna, bentuk, elevasi, tepi, dan tekstur, sedangkan karakter morfologi sel dapat diidentifikasi berdasarkan bentuk, diameter, *Pseudohifa*, dan *Ascospore*. Tujuan dari pengamatan koloni yakni untuk mengetahui bentuk, warna, kilap, tekstur, tepian, dan elevasi koloni pada khamir (Yarrow 1998).

2.11.2 Identifikasi Mikroskopik

Pengamatan mikroskopis merupakan pengamatan mikroskopis yang dilakukan dengan bantuan mikroskop. Pengamatan ini meliputi deskripsi ciri-ciri yaitu: ada atau tidaknya sekat pada hifa, warna hifa, dinding hifa, diameter hifa, warna konidiofor, panjang konidiofor, konidiofor bercabang atau tidak, dinding konidiofor halus atau tidak, vesikula, metula warna fialida, ukuran fialida, bentuk fialida, warna konidia, diameter konidia, dinding konidia (halus/kasar), makrokonidia dan mikrokonidia, klamidospora (Sundari, 2012). Pengamatan morfologi sel bertujuan untuk mengetahui bentuk, ukuran, pola pertunasan, ada tidaknya pseudohifa, hifa sejati dan reproduksi seksual. Satu individu khamir dapat memiliki nama

genus yang berbeda tergantung pada fase reproduksi yang terlihat pada saat pengamatan morfologi (Yarrow 1998).



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Penelitian ini bersifat eksploratif dengan menggunakan dua model penelitian yaitu kualitatif dan kuantitatif. Penelitian secara kualitatif terdiri dari isolasi fungi selulolitik, pengamatan karakteristik makroskopis dan mikroskopis fungi serta uji *screening* selulase tiap fungi pada media CMC.

3.2 Desain Penelitian

Desain penelitian ini adalah sebagai berikut:

Isolat Fungi	Berat Kering Pada Hari ke- (waktu inkubasi)	Kombinasi perlakuan
F1	0	F1H0
	10	F1H10
	20	F1H20
	30	F1H30
	60	F1H60
	F2	0
10		F2H10
20		F2H20
30		F2H30
60		F2H60
F10		0
	10	F10H10
	20	F10H20
	30	F10H30

	60	F10H60
Kontrol	0	KH0
	10	KH10
	20	KH20
	30	KH30
	60	KH60

3.3 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei sampai Desember 2019, di Laboratorium Mikrobiologi dan Laboratorium Genetika Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

3.4 Variabel Penelitian

Variabel yang ada pada penelitian ini, ada 2 variabel yaitu variabel bebas dan variabel terikat.

1. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah jenis isolat fungi selulolitik dan waktu biodegradasi.
2. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah berat akhir limbah organik setelah biodegradasi.

3.5 Alat dan Bahan

3.5.1 Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu mikro pipet, pipet tip, jarum ose, timbangan analitik, autoklaf, mikroskop, shaker, inkubator, vortex, oven kadar air, cawan petri, tabung reaksi, labu erlenmeyer, mikro pipet, pipet tip, jarum ose, bunsen, kertas label, kertas, gelas ukur, laminar air flow, dan tabung reaksi.

3.5.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu tanah hasil sampling dari 5 plot acak pada TPA, kapas, aluminium foil, plastik warp, akuades, alkohol 70%, spiritus, tissue, media PDA (*Potato Dextrose Agar*) merek himedia, CMC (*Carboxyl Methyl Cellulose*) agar (g/L), 1,5 g agar, 0,2 g *yeast extract*, 1 g CMC, 0,02 g $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0,004 g $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 0,05 g K_2HPO_4 , 0,075 g KNO_3 , 0,002 g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, *cango red*, media CMC Cair 1%, aquades dan NaCl.

3.6 Prosedur Penelitian

3.6.1 Pembuatan media PDA

Cara pembuatan media PDA yaitu ditimbang larutan PDA sebanyak 39 gram kemudian ditambahkan aquades sampai 1 liter. Dipanaskan sampai mendidih diatas *hot plate* dan diaduk dengan *strirer* hingga homogen. Disterilisasi dengan autoklaf selama 15 menit pada suhu 121°C tekanan 1 atm selanjutnya dituang dalam cawan petri dan didinginkan hingga memadat.

Cara pembuatan media CMC yaitu ditimbang 1,5 g agar, 0,2 g *yeast extract*, 1 g CMC, 0,02 g $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0,004 g $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 0,05 g K_2HPO_4 , 0,075 g KNO_3 , 0,002 g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (Mulyasari *et al.*, 2015) dalam 100 ml akuades lalu dipanaskan hingga mendidih menggunakan *hotplate* dan diaduk dengan *strirer* hingga homogen kemudian disterilisasi dengan autoklaf selama 15 menit pada suhu 121°C dan tekanan 1 atm selanjutnya dituang dalam cawan petri dan didinginkan hingga memadat.

3.6.2 Sterilisasi Alat dan Bahan

Semua alat penelitian yaitu cawan petri, labu erlenmeyer, tabung reaksi, dan pipet ukur sebelum digunakan harus disterilkan terlebih dahulu dalam autoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit pada tekanan 1 atm.

3.6.3 Sampel

Sampel tanah diambil dari tanah TPA Talangagung pada zona aktif yaitu zona 2 sel 5 dengan menggunakan metode *sampling random* pada 5 plot, kemudian tanah dicampur menjadi satu. Tanah diambil pada kedalaman 5 cm di bawah lapisan tanah. Kondisi fisika dicatat pada lingkungan atau tempat pengambilan sampel meliputi suhu dan pH. Sampel dalam plastik *ziplock*, dimasukkan dalam kotak pendingin dan dibawa ke laboratorium Mikrobiologi UIN Malang.

3.6.4 Isolasi Fungi

Tahap isolasi fungi dengan cara ditimbang sampel tanah sebanyak 1 gr kemudian dimasukkan kedalam 9 mL aquades dalam tabung reaksi (10^{-1}) secara aseptis kemudian dihomogenkan menggunakan vortex. Lalu

dilanjutkan suspensi dari tabung pengenceran pertama diambil 1 mL dengan micropipette, di pindahkan ke tabung 10^{-2} secara aseptis kemudian divortex kembali sampai homogen. Dilanjutkan hingga tabung pengenceran terakhir (10^{-5}) dengan cara yang sama. Setelah melalui pengenceran berseri, satu mililiter suspensi pengenceran pada seri 10^{-3} dan 10^{-5} ditanamkan pada cawan petri yang telah berisi media PDA yang sudah ditambah antibiotik *chloramphenikol* dengan menggunakan metode *pour plate*. Setelah ditanam, masing-masing cawan petri diinkubasi pada suhu ruang selama 5 hari (Gautam *et. al*, 2012).

Setelah koloni fungi tumbuh didalam cawan petri, masing, masing koloni dipindahkan ke cawan petri berisi media PDA untuk mendapatkan isolat murni, dan diinkubasi pada suhu ruang selama 7 hari.

3.6.5 Uji Kualitatif Aktivitas Selulolitik

Ditanam isolat murni pada cawan petri yang berisi media CMC. Masing-masing cawan petri berisi satu isolat dan diinkubasi selama 7 hari. Setelah koloni fungi tumbuh didalam cawan petri yang berisi media CMC kemudian ditambahkan larutan *cango red* 0,1 % dengan cara diteteskan diatas koloni hingga merata kemudian didiamkan selama 30 menit. Selanjutnya cawan dibilas dengan larutan NaCl. Pewarnaan ini untuk mengetahui kemampuan fungi dalam mendegradasi selulosa dengan ditandai terbentuknya zona bening (*Clear Zone*). Daya degradasi selulosa diklasifikasikan berdasarkan nilai indeks selulolitik (rumus 1) dengan kategori rendah apabila ≤ 1 , kategori sedang antara 1-2 dan tinggi apabila ≥ 2 (Rudiansyah, dkk. 2017).

$$\text{Indeks selulolitik} = \frac{\text{Diameter zona bening}}{\text{Diameter koloni}} \quad (\text{Rumus 1})$$

3.6.6 Tahap Uji Biodegradasi secara *In Vitro*

3.6.6.1 Preparasi inokulum fungi

Fungi yang memiliki nilai indeks selulolitik dengan kategori tinggi disubkultur dalam media PDA dan diinkubasi pada suhu 30°C selama 7 hari. Dihitung spora sebanyak 5% (v/v) (Gautam *et. al*, 2012).

3.6.6.2 Uji *in vitro*

Limbah sayur yang terdiri dari wortel (*Daucus Carota*), kangkung (*Ipomoea Aquatica*), bayam (*Amaranthus Spinousus*) dan gubis (*Brassica sp.*) ditimbang sebanyak 15 gram dan dimasukkan kedalam botol kaca. Diautoklaf botol kaca yang sudah berisi limbah pada tekanan 121° C selama 15 menit. Suspensi fungi dicampurkan pada limbah dan diinkubasi pada suhu ruang. Berat kering limbah dihitung pada hari ke 0, 10, 30, dan 60 (Gautam *et. al*, 2012). Berat kering limbah diperoleh dari penimbangan dan dihitung menggunakan rumus 2.

$$\text{Penurunan berat kering (\%)} = \frac{w-w1}{w} \times 100 \quad (\text{Rumus 2})$$

Keterangan: W= bobot awal, W1 = bobot akhir.

3.6.7 Identifikasi Makroskopis dan Mikroskopis

Fungi yang memiliki nilai indeks selulolitik dengan kategori tinggi diidentifikasi dengan pengamatan secara makroskopis maupun mikroskopis. Pengamatan makroskopis dengan menginokulasikan koloni fungi pada media PDA kemudian diinkubasi pada suhu ruang selama 7 hari. Diamati struktur

makroskopisnya langsung meliputi warna permukaan atas, warna permukaan ketika dibalik dan bentuk permukaan.

Identifikasi mikroskopis fungi diamati dengan menggunakan mikroskop yaitu dengan metode *slide culture*. Fungi diinokulasi pada media PDA yang dipotong kubus dengan ukuran 3x3 cm dan diletakkan di atas kaca objek steril. Bagian atas media PDA ditutup dengan kaca penutup steril. Preparat tersebut diletakkan didalam cawan petri yang telah disterilkan sebelumnya. Permukaan dasar cawan petri dialasi dengan tisu yang telah dibasai akuades steril. Fungi dinkubasi selama 5 hari pada suhu kamar (Vrillia dkk, 2018).

Diamati dibawah mikroskop komputer dengan perbesaran 100x sampai 400x. Diamati semua bentuk fungi dari konidia, hifa, konidiofor dan rhizoid. Hasil pengamatan dikomparasikan dengan buku identifikasi fungi oleh Barnett (1972) untuk menentukan genus fungi.

3.6.8 Analisis Data

Data karakteristik mikroskopis dan makroskopis fungi dianalisis secara deskriptif untuk menentukan genus isolat fungi. Luas diameter dan tingkat kecerahan zona bening digunakan sebagai indikator potensi fungi selulolitik tiap fungi pada media CMC. Data pengaruh waktu biodegradasi terhadap berat kering limbah organik dianalisis dengan menggunakan Analisis Of Variance (ANOVA).

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Isolat Fungi Selulolitik yang Berpotensi Mendegradasi Limbah Organik

4.1.1 Isolat Fungi dari Tanah TPA Talangagung

Isolat fungi yang berhasil diisolasi dari tanah TPA Talangagung yaitu ada 10 jenis isolat (Tabel 4.1). Pengambilan sampel tanah di TPA Talangagung dilakukan di zona aktif yaitu zona 2 sel 5 dengan pH tanah rata-rata 8 dan suhu rata-rata 35⁰C. Tanah yang berasal dari zona aktif memiliki karakteristik berwarna coklat dan memadat. Pada area ini terdapat timbunan limbah yang telah ditutup dengan tanah (*controlled landfill*) sehingga diduga mikroorganismenya pada zona ini masih aktif mengurai limbah. Karakteristik tanah pada area ini diasumsikan berpotensi memiliki beragam mikroorganismenya yang dapat menguraikan limbah, baik limbah organik maupun anorganik.

Sepuluh isolat diketahui memiliki pertumbuhan dan warna yang beragam. F1, F2, F3, F4, F7, dan F10 memiliki pertumbuhan yang cepat dalam waktu 4 hari, koloni telah memenuhi cawan petri sedangkan F5, F6, F8, F9 memiliki pertumbuhan yang lambat dalam waktu 7 hari pertumbuhannya dalam cawan petri masih kecil. Warna koloni diantaranya hijau (F1, F2 dan F10), putih (F3, F5, F6, F7, F8, F9), putih kecoklatan (F4) (Lampiran 1). Pada penelitian Makut (2010) didapatkan 11 isolat fungi yang tumbuh pada media PDA hasil isolasi dari tanah TPA Keffi, Nigeria.

Tabel 4.1 karakteristik isolat fungi hasil isolasi.

No	Jenis isolat	Warna		Tekstur koloni
		Permukaan koloni atas	Permukaan koloni bawah	
1.	F1	Hijau	Kuning	Serbuk
2.	F2	Hijau	Kuning	Serbuk
3.	F3	Putih	Putih kecoklatan	Halus
4.	F4	Putih kecoklatan	Coklat	Halus
5.	F5	Putih	Coklat	Halus
6.	F6	Kuning	Coklat	Halus
7.	F7	Putih	Coklat	Halus
8.	F8	Putih	Coklat	Halus
9.	F9	Putih	Putih ke	Halus
10	F10	Putih ditengah dan hijau dipinggir	Kuning	Halus

Menurut Vrillia dkk (2008) tanah merupakan komposisi kompleks yang terdiri dari hasil pelapukan batuan mineral dan bahan organik yang berasal dari tanaman dan hewan mati, beserta makhluk hidup seperti bakteri, fungi, nematoda, mikroartropoda tanah dan hewan kecil lain yang tinggal didalamnya. Pengambilan sampel tanah dilakukan hingga kedalaman 10 cm dari permukaan tanah. Hal ini dilakukan karena pada kedalaman tersebut material-material sisa tanaman dan hewan yang telah mati telah tersebar merata didalam tanah yang digunakan oleh mikroorganisme sebagai sumber nutrisinya sehingga mikroorganisme banyak terdapat didalamnya.

4.1.2 Potensi Fungi Selulolitik secara Kualitatif

Sepuluh isolat fungi hasil isolasi terdapat tujuh diantaranya secara kualitatif mampu mendegradasi selulosa dengan indikasi terbentuknya zona bening sedangkan tiga isolat tidak membentuk zona bening (Tabel 4.2). Hal ini sesuai dengan penjelasan Deacon (1997) bahwa setiap fungi memiliki kemampuan yang berbeda dalam mendekomposisi substrat. Tahap pendekomposisian substrat yaitu yang pertama degradasi gula sederhana, kemudian tahap degradasi selulosa dan yang terakhir tahap degradasi lignin.

Tabel 4.2 Hasil *screening* potensi isolat fungi pada media CMC (*Carboxyl Methyl Cellulose*).

Kode Isolat	Zona Bening	Kategori
F1	2,1 cm	Tinggi
F2	2,2 cm	Tinggi
F3	0,0 cm	Rendah
F4	1,3 cm	Sedang
F5	1,3 cm	Sedang
F6	1,1 cm	Sedang
F7	0,0 cm	Rendah
F8	1,2 cm	Sedang
F9	0,0 cm	Rendah
F10	2,7 cm	Tinggi

Kategori indeks menurut Rudiansyah, dkk (2017).

Uji potensi selulolitik dilakukan dengan menggunakan media CMC (carboxyl methyl cellulose), sebagai media selektif untuk pertumbuhan fungi selulolitik. Pembentukan koloni fungi mulai tampak pada hari ke-5 setelah penanaman. Menurut Harijani *et al.*, (1992) kemampuan merombak selulosa dan lignin mulai muncul pada hari ke-3 dan maksimal hari ke-12 masa

inkubasi, penampisan (*screening*) untuk mengetahui potensi fungi sebagai dekomposer selulosa adalah dengan terbentuknya zona bening (*clear zone*) disekitar koloni fungi, untuk uji potensi terlebih dahulu diberikan pewarna cango red untuk menunjukkan zona bening (*clear zone*) tersebut.

Zona bening merupakan indikasi awal untuk mengetahui kemampuan fungi dalam mendekomposisi selulosa. Semakin luas zona bening yang terbentuk, secara kualitatif dianggap sebagai tanda kemampuan fungi selulolitik paling potensial, diperoleh dengan indikasi membentuk zona bening terluas (Lampiran 2). Kemampuan fungi untuk tumbuh pada media CMC menunjukkan bahwa kapang tersebut mampu memanfaatkan selulosa sebagai salah satu sumber karbon.

Selulase merupakan enzim kompleks yang setidaknya terdiri dari ekso-beta-1,4-glukanase atau selobiohidrolase, endoselulase atau endo-beta-1,4-glukanase dan beta-glukosidase atau selobiase. Eksoglukanase atau selobiohidrolase bekerja dengan cara melepas unit-unit selobiosa dari ujung rantai selulosa, aktivitasnya tidak terlalu tinggi pada selulosa bagian amorf maupun pada bagian kristal. Endo-beta-1,4-glukanase mampu menghidrolisis selulosa secara acak kemudian menghasilkan selodextrin glukosa, dan selobiosa sebagai produk utama. Enzim beta-glukosidase atau selobiase dapat menghidrolisis selobiosa dan selo-oligomer pendek lainnya untuk menghasilkan glukosa (Anindyawati, 2009).

Media CMC yang memiliki ikatan selulosa yang dapat larut (amorf), koloni yang tumbuh lebih cepat dan lebih luas disebabkan karena lebih banyak

menghasilkan enzim ekso-beta-1,4- glukonase. Jalil (2004) menyatakan bahwa kuantitas dari enzim ekso-1,4-beta-glukanase mengkatalis pembentukan selobiosa, selanjutnya dihidrolisis menjadi glukosa. Menurut Enari (1983) menyatakan bahwa hidrolisis selulosa sangat ditentukan oleh beta-glukosidase yang menghasilkan glukosa sebagai produk akhir. Semakin banyak enzim beta glukosidase yang dihasilkan maka semakin banyak pula glukosa yang dihasilkan, sehingga secara nyata dapat merombak media yang mengandung selulosa.

4.2.3 Uji *In Vitro*

Uji *in vitro* dilakukan pada fungi yang memiliki nilai indeks selulolitik yang tinggi yaitu isolat F1, F2 dan F10. Berat awal limbah organik yang digunakan pada uji *in vitro* ini adalah 15 gram dengan masing-masing 3 kali ulangan. Hasil uji *in vitro* pada limbah organik dapat dilihat pada gambar 4.1 pengaruh jenis fungi terhadap berat kering limbah organik.

Kemampuan isolat fungi dalam mendegradasi limbah organik dapat dilakukan dengan menghitung berat kering, membandingkan dengan berat awal (sebelum perlakuan) dengan perlakuan sesudah inkubasi. Pengamatan menunjukkan bahwa telah terjadi proses dekomposisi pada limbah, yakni ditandai dengan perubahan warna dan penampakan, partikel dan bau (lampiran 2). Penurunan berat kering pada limbah yang diberi inokulum fungi terjadi secara teratur setiap minggunya. Berkurang beratnya sedikit demi sedikit, karena biodegradasi merupakan proses penghancuran molekul-molekul organik yang kompleks oleh mikroorganisme secara bertahap yang

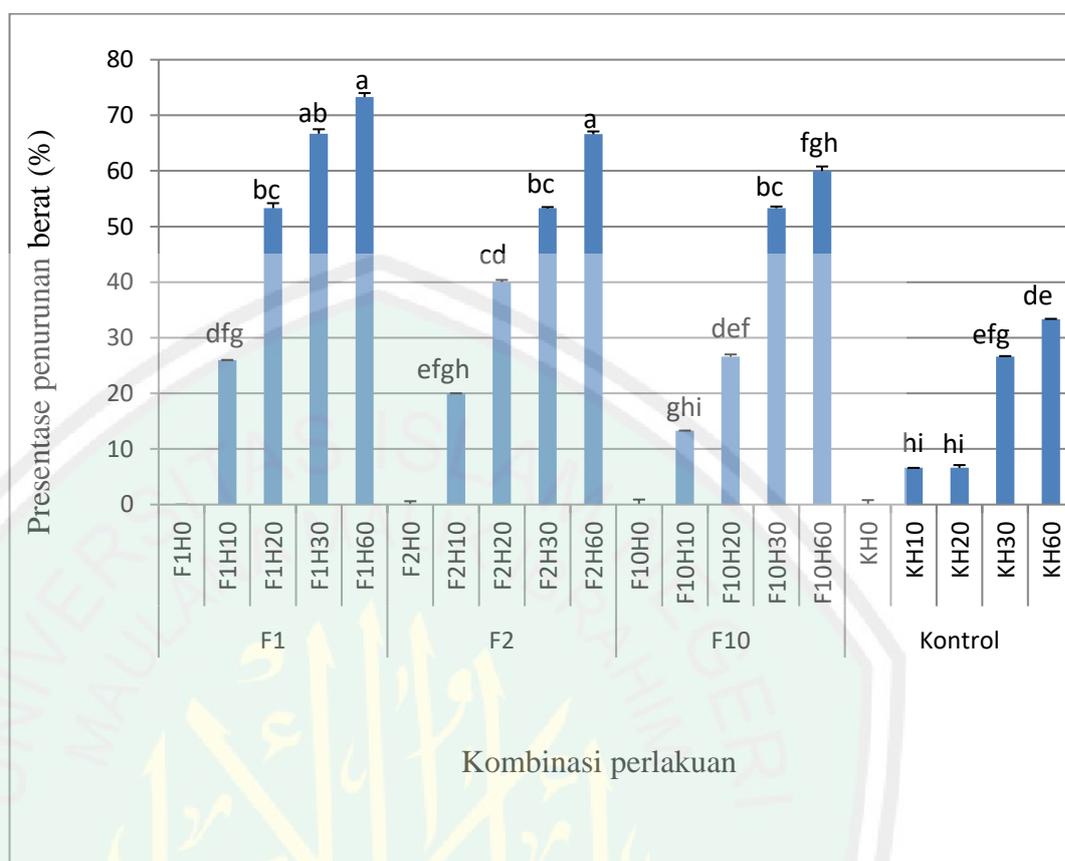
akan terurai menjadi bentuk lebih sederhana seperti karbondioksida, air dan komponen- komponen mineral lainnya.

Berdasarkan hasil perhitungan persentase pengurangan berat kering limbah organik pada hari ke-60, isolat F1 yaitu sebesar 73,3%, Isolat F2 66,6%, sedangkan isolat F10 53,3% (Gambar 4.1). Perlakuan kontrol pada uji *in vitro* ini juga mengalami penurunan berat kering limbah namun penurunannya hanya sedikit yaitu 33%. Konidia atau klamidospora fungi indegenous diduga mampu bertahan pada proses sterilisasi substrat limbah organik kontrol dan mampu mendegradasi karena kondisi substrat yang cukup lembab, karena kelembaban berperan penting dalam proses metabolisme fungi dan secara tidak langsung berpengaruh terhadap suplai oksigen. Menurut Apriadji (1998) Proses degradasi organik tanpa penambahan inokulum berlangsung selama 2-4 bulan.

Analisa data penurunan berat kering menggunakan spss (Gambar 4.1) penurunan berat kering limbah organik dengan waktu inkubasi 10 hari memiliki presentase F1 26%, F2 20% dan F10 13,3%. Penurunan berat kering limbah organik dengan waktu inkubasi 20 hari memiliki presentase F1 53,3%, F2 40% dan F10 26,6%. Penurunan berat kering limbah organik dengan waktu inkubasi 30 hari memiliki presentase F1 66,7%, F2 53,3% dan F10 53,3%. Presentase penurunan berat kering limbah organik pada inkubasi selama 60 yaitu F1 73,3 %, F2 66,6%, dan F10 53,3%, isolat F1 dan F2 menunjukkan hasil tidak berbeda nyata yang artinya sama-sama berpotensi dalam menurunkan berat kering limbah. Menurut Raut (2015) menjelaskan

bahwa pertumbuhan fungi dapat mempengaruhi berkurangnya berat kering yang lebih signifikan karena banyaknya fungi yang mendegradasi limbah organik maka semakin banyak pula yang menggunakan selulosa sebagai sumber nutrisinya. Beberapa penelitian menunjukkan pengurangan berat kering pada masa inkubasi 60 hari seperti hasil penelitian Nugraha (2012) melakukan uji biodegradasi dengan masa inkubasi 60 hari mendapatkan hasil pengurangan berat kering oleh fungi genus *Aspergillus* sp . Hasil penelitian Gautam *et al* (2012) melakukan uji biodegradasi dengan masa inkubasi selama 60 hari dan mendapatkan hasil pengurangan berat kering dari jenis fungi *Aspergillus* sp. dengan jumlah 33,35 %.

Tiga isolat fungi uji yaitu F1, F2, dan F10 mampu mendegradasi limbah organik dengan indikasi penurunan berat kering yang cukup signifikan. Proses fungi selulolitik dalam menurunkan berat kering adalah dengan cara mendegradasi selulosa yang ada pada limbah organik. Menurut Jalil (2004) fungi selulolitik mampu mendegradasi selulosa dan menghasilkan selulase yang diekskresi pada ujung hifa untuk mendegradasi nutrien polimer secara optimal. Ditambahkan oleh Sanchez (2009) Biodegradasi selulosa oleh fungi selulolitik terdiri dari tiga kegiatan utama yaitu Enzim endo- β -1,4-glukanase memecah ikatan β -1,4 glukosida secara acak terutama pada bagian amorf untuk menghasilkan selobiosa sebagai produk utama, kemudian Enzim ekso- β -1,4-selobiohidrolase memisahkan selobiosa dari ujung non pereduksi rantai selulosa, selanjutnya Enzim β -glukosidase menghidrolisis selobiosa dan rantai pendek selooligosakarida untuk menghasilkan glukosa.



Gambar 4.1 Penurunan berat kering limbah organik.

Faktor yang dapat memengaruhi kecepatan dalam biodegradasi diantaranya yaitu kelembaban, temperatur, jenis mikroorganisme, substrat, pH, dan kelembapan. Jenis mikroorganisme memengaruhi proses biodegradasi oleh karena itu faktor-faktor berupa pH, suhu dan kelembapan juga harus sesuai dengan jenis mikroorganisme (Arutchelvi, *et al.* 2008). Selain itu, menurut Fan dan Lee (1983) proses degradasi yang dilakukan mikroorganisme bergantung pada enzim yang disekresikan oleh mikroorganisme tersebut. Enzim ekstraselular yang disekresikan dapat menguraikan unsur hara yang terikat dalam material organik yang sukar larut diubah menjadi senyawa organik yang terlarut. Penguraian tersebut menghasilkan senyawa asam

format, asam malat, gula reduksi, gula non reduksi, asam fosfat dan unsur hara. Fungi mengurai selulosa dengan mengubahnya menjadi CO₂ dan materi sel, kemudian energi dan CO₂ yang terbentuk digunakan untuk pertumbuhannya.

Pengujian kemampuan fungi untuk biodegradasi limbah organik secara *in vitro* merupakan salah satu upaya manusia dalam memperbaiki dan mencegah pencemaran lingkungan. Hal ini karena hakikatnya manusia diciptakan sebagai khalifah di bumi yang ditugaskan bukan hanya mengeksplorasi dan memanfaatkan tetapi juga bertanggung jawab dalam memelihara dan melestraikan lingkungan hal ini telah dijelaskan dalam al-quran surat Al-Qasas ayat 77:

وَأَتَّبِعْ فِي مَآءِ آتَانِكَ اللَّهُ الدَّارَ الْآخِرَةَ وَلَا تَنْسَ نَصِيبَكَ مِنَ الدُّنْيَا وَأَحْسِنَ كَمَا أَحْسَنَ اللَّهُ إِلَيْكَ وَلَا تَبْغِ الْفُسَادَ فِي الْأَرْضِ إِنَّ اللَّهَ لَا يُحِبُّ الْمُفْسِدِينَ

Artinya: “Dan carilah pada apa yang telah dianugerahkan Allah kepadamu (kebahagiaan) negeri akhirat, dan janganlah kamu melupakan bahagianmu dari (kenikmatan) duniawi dan berbuat baiklah (kepada orang lain) sebagaimana Allah telah berbuat baik, kepadamu, dan janganlah kamu berbuat kerusakan di (muka) bumi. Sesungguhnya Allah tidak menyukai orang-orang yang berbuat kerusakan”.

Tafsir dari ayat diatas menurut Shihab (2002), dan jadilah sebagian dari kekayaan dan karunia yang Allah berikan kepadamu di jalan Allah dan amalan untuk kehidupan akhirat. Janganlah kamu cegah dirimu untuk menikmati sesuatu yang halal didunia. Berbuat baiklah pada hamba-hamba Allah sebagaimana Allah berbuat baik kepadamu dan mengkaruniakan nikmat-Nya. Dan janganlah kamu membuat kerusakan di bumi dengan melampaui batas-

batas Allah. Sesungguhnya Allah tidak meridhai orang-orang yang merusak dengan perbuatan buruk mereka itu.

Ayat diatas menjelaskan bahwa Allah telah memberikan nikmat yang tak terhingga kepada manusia, salah satu kelebihan manusia yang tidak diberikan kepada makhluk Allah yang lain adalah akal dan nafsu. Kedua anugrah ini seharusnya digunakan untuk berpikir dan bertindak dalam mengatasi berbagai kerusakan yang telah terjadi dimuka bumi akibat nafsu manusia dan memenuhi kebutuhan duniawinya. Tindakan tersebut juga mencerminkan bentuk rasa syukur dan timbal balik manusia kepada Allah atas nikmat yang telah diberikan.

4.3 Identitas Fungi Selulolitik

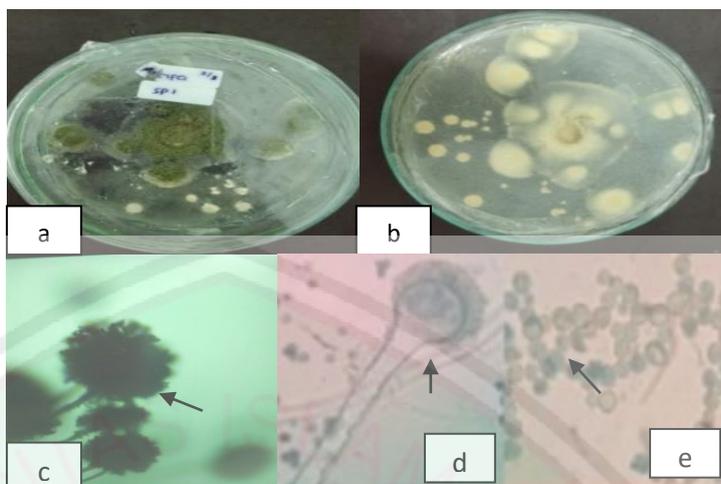
Fungi yang sudah diuji screening pada media cmc dan mempunyai nilai indeks selulolitik tinggi selanjutnya diidentifikasi secara mikroskopis.

Tabel 4.3 karakteristik fungi selulolitik isolat F1, F2 dan F10.

Karakter		F1		F2		F10	
Morfologi							
Permukaan atas	Koloni	Warna hijau tua	koloni	Warna hijau tua	koloni	Warna hijau ditengah dan pinggir berwarna putih	koloni
Permukaan bawah	koloni	Warna kuning kecoklatan	koloni	Warna kuning kecoklatan	koloni	Warna kuning	koloni
Tekstur		Serbuk		Serbuk		Halus	

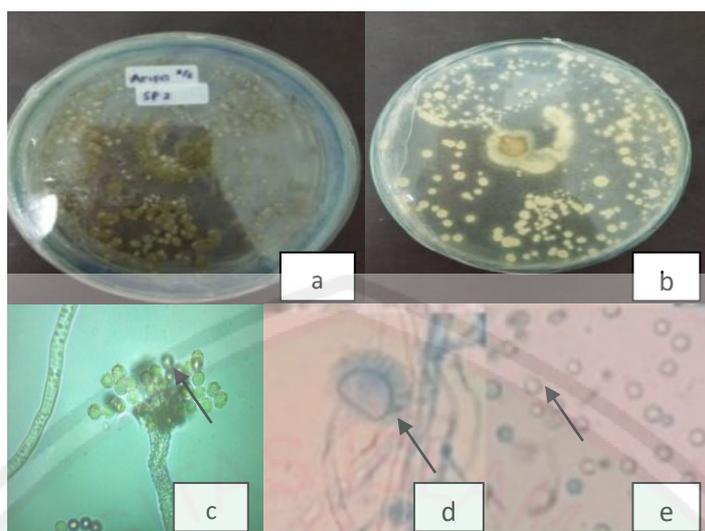
Hifa	Berseptat	Tidak berseptat	Berseptat
Konidia	√	√	√
Dugaan isolate	<i>Aspergillus</i>	<i>Aspergillus</i>	<i>Aspergillus</i>

Secara makroskopis (Gambar 4.2) isolat F1 memiliki permukaan atas berwarna hijau sedangkan warna permukaan bawah berwarna kuning dan bertekstur serbuk. Pengamatan mikroskopis pada isolat F1 dilakukan menggunakan mikroskop perbesaran 100x dapat dilihat pada (Gambar 4.3) bahwa memiliki konidia, spora berbentuk bulat, memiliki hifa yang berseptat. Pengamatan secara makroskopis dan mikroskopis isolat F1 tergolong kedalam genus *Aspergillus*. Menurut Gandjar, dkk (2000) karakter morfologi secara makroskopis *Aspergillus* diantaranya pertumbuhannya tergolong cepat, memiliki tekstur koloni yang kasar dan seperti tepung, memiliki warna permukaan atas koloni ada yang putih, hijau muda, hijau tua, atau hitam, pinggiran pada *Aspergillus* berwarna putih. Pada penelitian Hartana (2014) menyebutkan bahwa *Aspergillus* mengawali tumbuh sebagai filamen berwarna putih dan berubah menjadi warna lain tergantung spesiesnya. Hasil literatur sesuai dengan penampakan fungi F1 pada yaitu memiliki koloni berwarna hijau dengan pinggiran putih, tekstur fungi seperti serbuk atau tepung, pertumbuhan fungi F1 mula-mula berwarna putih yang kemudian berubah menjadi warna hijau, dan warna permukaan bawah fungi putih sedikit krem.



Gambar 4.2 Karakteristik dari isolat F1 (a) permukaan koloni atas (b) Permukaan Koloni bawah, (c) Morfologi mikroskopis fungi F1 (d) kepala konidia (e) konidia *Aspergillus* (Nopvita dkk, 2015).

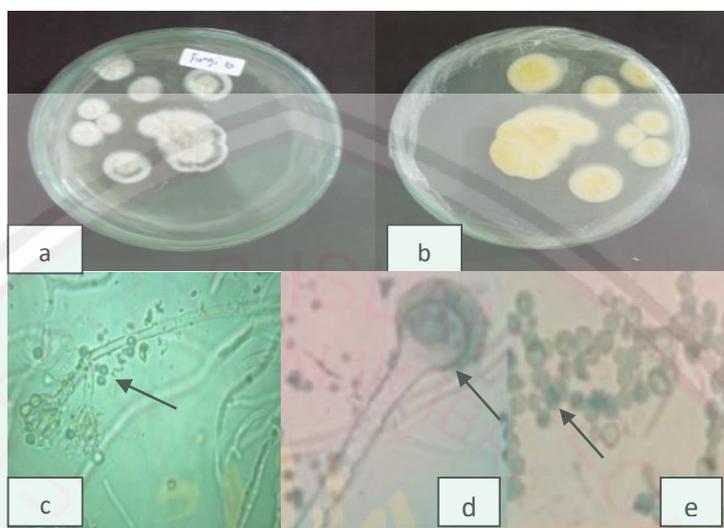
Secara makroskopis (gambar 4.3) permukaan koloni atas isolat F2 hijau tua, kuning pada reverse, dan bertekstur serbuk. Secara mikroskopis (gambar 4.4) Pengamatan mikroskopis pada isolat F2 dilakukan menggunakan mikroskop perbesaran 100x dapat dilihat pada (gambar) bahwa memiliki konidia, spora berbentuk bulat, memiliki hifa yang berseptat. Gholib dan Tarmudji (2005) dalam penelitiannya menunjukkan bahwa fungi *Aspergillus* memiliki tangkai konidia (konidiofora) pendek halus berwarna kehijauan, memiliki kepala konidia yang berbentuk seperti gada (clavate) dan bulat, dan menjadi lonjong (columnar) dengan semakin bertambahnya umur koloni. Terdapat sterigma yang tampak menutupi setengah bagian atas dari vesikel. Menurut mukharomah (2015) bahwa *Aspergillus* merupakan fungi yang dapat tumbuh pada suhu yang cukup tinggi yaitu 55°C pada tekanan oksigen rendah.



Gambar 4.3 Karakteristik dari isolat F2: (a) permukaan koloni atas (b) permukaan koloni bawah, (c) Morfologi mikroskopis konidia fungi F2 (d) kepala konidia (e) konidia *Aspergillus* (Nopvita dkk, 2015).

Secara makroskopis (gambar 4.4) permukaan koloni atas isolat F10 berwarna hijau dipinggir dan putih ditengah, berwarna kuning pada permukaan bawah dan bertekstur halus. Secara mikroskopis (gambar 4.5) isolat F10 memiliki Hifa bersekat, hialin dan bercabang. Tangkai konidiofor berdinding halus, berwarna kehijauan. konidia berbentuk bulat dan berwarna kehijauan. Hal ini sesuai dengan pernyataan Barnett (1972), bahwa *Aspergillus* memiliki konidifor tegak, simple, ujungnya bulat membengkak, terdapat filaid pada ujungnya atau menyebar dari ujung keseluruhan permukaan. Konidia (phialospores), bersel satu, bulat, massanya bervariasi, berbentuk rantai basipetal. Nyongesa *et al* (2015), menyatakan bahwa ciri khusus dari *Aspergillus* adalah memiliki kepala konidia yang tersusun oleh konidiofor, vesikel dan serangkaian sterigmata primer, diikuti oleh sterigmata sekunder yang disebut konidia atau spora. Menurut Vrillia (2018) genus *Aspergillus* mula-mula berwarna putih dan hanya membentuk kumpulan hifa- hifa

kemudian mengalami sporulasi berwarna hijau, coklat kekuning-kuningan atau kehitam- hitaman, permukaan koloni fungi seperti tepung halus atau kering serbuk



Gambar 4.4 Karakteristik dari isolat F10 : (a) Permukaan Koloni atas (b) Permukaan Koloni bawah, (c) Morfologi Mikroskopis konidia fungi F10 (d) Morfologi mikroskopis kepala konidia (e) konidia *Aspergillus* (Nopvita dkk, 2015).

Hasil akhir penurunan berat kering limbah organik menunjukkan perbedaan dari ketiga fungi uji, hal ini diduga karena perbedaan aktivitas enzim selulase dari masing-masing isolat fungi dalam mendekomposisi komponen substrat bersifat spesifik dan perbedaan spesies fungi. Beberapa penelitian telah membuktikan bahwa fungi *Aspergillus* memiliki kemampuan dalam mendegradasi limbah organik. Subowo (2012) bahwa *Aspergillus niger* mampu mendegradasi selulosa dan memiliki aktivitas enzim selulose tinggi. Hasil penelitian Mahmood *et al* (2006) menunjukkan bahwa fungi tanah yang mampu mendegradasi selulosa didominasi oleh *Aspergillus* dan *Penicillium*. Tingkat keberadaan *Aspergillus* dan *Mucor* paling tinggi yaitu 45% dan 35% dari sekitar 80% sampel tanah. Hasil penelitian Nugraha (2012) juga melaporkan bahwa *Aspergillus* memiliki aktivitas

enzim selulase tertinggi dibandingkan isolat *Trichoderma* pada limbah jerami yang diinkubasi selama 8 minggu. Hasil penelitian Subowo (2012) Fungi *Aspergillus niger* mampu mendegradasi selulosa dan memiliki aktivitas enzim selulase yang tinggi. Fungi *Aspergillus* merupakan fungi yang dapat tumbuh pada media yang mengandung selulosa, bahkan dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman pada tanah gambut karena membantu menyediakan unsur hara bagi tanaman dengan cara mendegradasi sisa bahan organik (termasuk senyawa selulosa) pada tanah gambut (Andini 2014).



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat ditarik kesimpulan:

1. Hasil uji *in vitro* fungi selulolitik dalam mendegradasi limbah organik rata-rata persentase pengurangan berat kering pada hari ke-60, pada isolat F1 yaitu sebesar 73,3 %, Isolat F2 66,6 %, sedangkan isolat F10 53,3% .
2. Fungi selulolitik yang mampu mendegradasi limbah organik berdasarkan karakterisasi makroskopis dan mikroskopis yaitu fungi F1, F2 dan F10 merupakan fungi *Aspergillus*.

5.2 Saran

Dari penelitian ini disarankan dilakukan identifikasi fungi lebih lanjut yaitu ketinggian spesies secara molekuler.

DAFTAR PUSTAKA

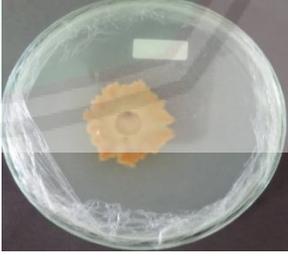
- Andini NI. 2014. Seleksi Mikroba Selulolitik Dalam Mendegradasi Lignin Asal Tanah Gambut Desa Rimbo Panjang Kampar Riau. Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan. Universitas Riau: Riau
- Apriadji, W. H. 1998. *Memproses Sampah*. PT. Penebar Swadaya: Jakarta.
- Aziz A.A., M. Husin dan A. Mokhtar. 2002. Preparation of cellulose from oil palm empty fruit bunches via ethanol digestion: effect of acid and alkali catalysts. *Journal of Oil Palm Research*. 14 (1):9-14.
- Arutchelvi, J., *et al.* 2008. Biodegradation of Polyethylene and Polypropylene. *Indian Journal of Biotechnology*. Vol. 7.
- Barnet, H.L. & Hunter, B.B. 1972. *Illustrated Genera Of Imperfect Fungi (Third Edition)*. Burgess Publishing Company : Minneapolis, Minnesota .
- Deacon, J. W. 1997. *Modern Mikologi*. Blackwell Science: New York.
- Fan, L. T. dan Lee Y,. 1983. *Kinetic Studies of Enzymatic Hidrolisis of Insoluble Cellulose Biotechnology and Bioengineering*, Volume XXV. John wiley and sons inc: USA.
- Fifendy, Mades. 2017. *Mikrobiologi*. Jakarta: Kencana.
- Gandjar, I., Robert A. S., Karin, V. D. T., Ariyanti, O., dan Iman, S. (2000). *Pengenalan Kapang Tropik Umum*. Yayasan Obor Indonesia. Jakarta.
- Gautam S.P., P.S Budela, A.K Pandey, Jamaluddin, M.K. Awasthi and S.Sarsalya. 2012. Diversity Of Cellulolytic Mikrobos And The Biodegradation Of Manicipa; Solid Waste By Potensial Strain. *International Journal Of Microbiology*. Article ID 325907
- Gong c.s. and g.t tsao. 1979. *Cellulase and biosynthesis regulation*. In: *d.perlman (ED)*. Annual report on fermentation process. New york: academic press.
- Gu, J D. Ford, T E Mitton, D B & Michell, R. 2003. *Microbial Corrosion of Metals*. Willey Pub: New York.

- Gunawan R., Kusmiadi R., dan Prasetyono E. 2015. Studi Pemanfaatan Sampah Organik Sayuran Sawi (*Brassica juncea* L.) dan Limbah Rajungan (*Portunus pelagicus*) untuk Pembuatan Kompos Organik Cair. *Jurnal Pertanian dan Lingkungan*. 8 (1):37-47.
- Gusmini, dkk. 2010. *Aplikasi Poc Ekstrak Tithonia dan Sampah Organik pada Tanaman Cabe di Mato Air Kanagarian Gadut Kab. Agam*. Universitas Andalas.
- Hartana, S. N. (2014). Keanekaragaman Cendawan yang Diisolasi di Lokasi Perandangan Ayam. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Howard R.L., E. Abotsi, E.L.J. Van Rensburg and S. Howard. 2003. Lignocellulose Biotechnology: Issue of Bioconversion and Enzyme production. *J. Biotechnol African*.
- Isroi. 2002. Karakteristik lignoselulosa sebagai bahan baku bioetanol, bagian 2
- Jalil, A.A.K. 2004. *Enzim Mikroba Dan Bahan Penguraian Berselulosa*. Departemen Biologi: Jakarta.
- Jumiyati, Siti H. B., Ibnul M. 2012. Isolasi Dan Identifikasi Khamir Secara Morfologi Di Tanah Kebun Wisata Pendidikan Universitas Negeri Semarang. *Biosaintifika*. Vol. 04, No. 01.
- Kadarmoidheen M, Saranraj P, Stella D. 2012. Effect Of Cellulolytic Fungi On The Degradation Of Cellulosis Agricultural Wastes. *International J. Appl. Microbial. Sci* 1(2):13-23.
- Klup K. 1975. *Carbohydrase*. in: Reed G (Ed). *Enzymei in Food Processing*. New York: Academic Press.
- Lehninger, A. L. 1993. *Principles of Biochemistry*. New York: Worth Publisher.
- Lynd L.R., Wiemer, W.H. van Zyl WH and I.S Pretorius. 2002. Microbial Cellulose Utilization: Fundamentals and Biotechnology. *Microbiol. Mol. Biol. Rev.*66(3):506-577.
- Mahmood K, Y.Wei-Jun, K.Nazir, R.Z Iqbal And A.G Abdullah. 2006. Study of Cellulolytic Soil Fungi and Two Nova Species and New Medium. *Journal of Zheijang University*, 7(6): 459-466.

- Mukharomah, Ervina., Munawar dan Hary Widjajanti. 2015. Identifikasi dan Sinergisme Kapang Lipolitik dari Limbah SBE (Spent Bleaching Earth) Sebagai Agen Bioremediasi. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. Vol. 13 (1) : 19-26.
- Murbandono, H. L. 1990. *Membuat kompos*. Jakarta. Penebar Swadaya.
- Murray, P. R., E J. Baron., J. H, Jorgensen., M. L. Landry., and M. A. Pfallee. 2007. *Manual of Clinical Mikrobiologi*. Washington, D.C ASM press.
- Nilamsari, Putri. 2012. *Analisis pengelolaan sampah padat di Kecamatan Banuhampu Kabupaten Agam*. Universitas Andalas.
- Nur hidayat. 2006. *Mengolah Sampah Untuk Pupuk dan Pestisida Organic*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Nugraha, Aldila Wanda. 2012. "Isolasi dan Biodegradasi Limbah Daduk oleh Kapang Selulolitik dari Perkebunan Tebu". Fakultas Sains dan Teknologi Unair: Surabaya.
- Nopvita Windi A, MG Isworo Rukmi dan Wijarnaka. 2015. Identifikasi Isolat *Aspergillus Sp.* KRM 43 dari Madura dan Produksi Enzim Protease dengan Variasi Ph Dan Waktu Inkubasi. *Jurnal Biologi*. 4(3).
- Pelczar, M. dan E. C. S. Chan. 1986. *Dasar-Dasar Mikrobiologi*. Universitas Indonesia : Jakarta.
- Perez J., J. Munoz-Dorado, T. De La Rubia and J. Martinez. 2002. Biodegradation And Biological Treatment of Cellulose, Hemicellulose and Lignin: An Overview. *Int. Microbiol.* 5:53-63.
- Renung Rubiataji. "Teknik Penimbunan Sampah di TPA Talangagung, Kepanjen, Kabupaten Malang". Hasil Wawancara Pribadi: 27 Februari 2019. Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Malang.
- Rudi hartono. Yosi fenita dan endang sulistyowati. 2015. Uji In Vitro Kecernaan Bahan Kering, Bahan Organik Dan Produksi N-NH₃ Pada Kuit Buah Durian (*Durio Zibethinus*) Yang Difermentasi Jamur Tiram Putih (*Pleurotus Ostreatus*) Dengan Perbedaan Waktu Inkubasi. *J. Sain Peternakan Indonesia*. Vol.10 No.2.
- Sanchez J, Tsuchii A, Tokiwa Y. 2000. Degradation of polycaprolactone at 50°C by a thermotolarant *Aspergillus sp.* *Biotechnol Lett.* 22: 849–853.
- Sastrohamidjojo, H. 2005. *Kimia organik, sterokimia, lemak dan protein*. UGM press :Yogyakarta

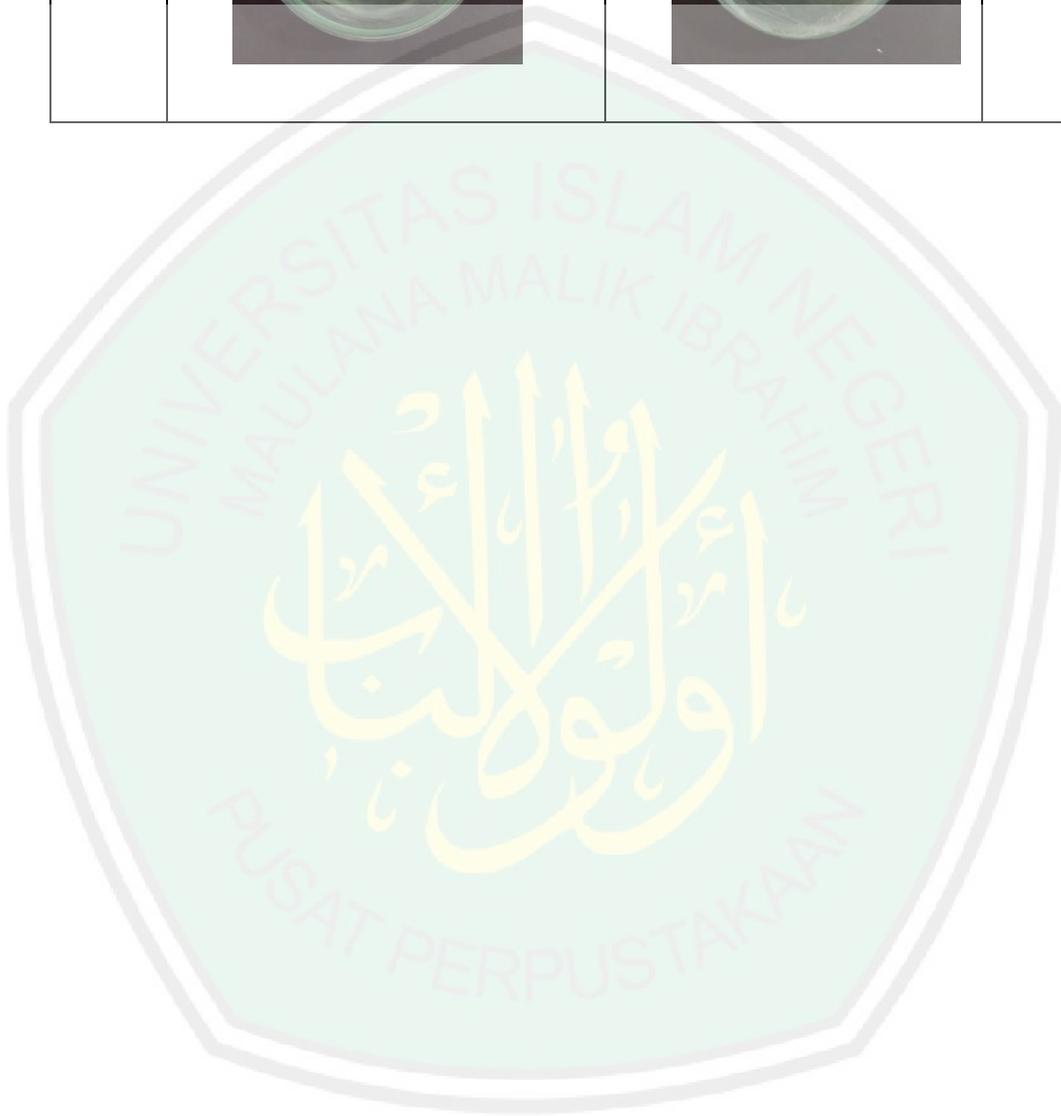
- Schlegel, H. G. Dan Schimdt, K. 1994. *Mikrobiologi Umum, Edisi keenam*. UGM press: yogyakarta
- Shihab, M. Quraish. 2005. *Tafsir Al-Misbah Pesan, Kesan dan Keserasian Al Quran*. Tangerang: Lentera Hati.
- Sigler, L., J. W. Carmichael. 1983. Redisposition of Some Fungi Referred to *Oidium Microsporum* and A Rivew of *Arthrographis*. *Microbiology*. 18:495-507.
- Sinaga, Damayanti. 2009. *Pembuatan Pupuk Cair dari Sampah Organik dengan Menggunakan Biosca Sebagai Starter*. Universitas Sumatera Utara.
- Soemitrat Juli, Slamet. 2004. *Kesehatan Lingkungan*. Gajah mada University press. Yogyakarta.
- Subowo, Y.B. 2015. Isolasi dan Seleksi Jamur Tanah Pengurai Selulosa dari Berbagai Lingkungan. *Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon*. 1(3):423-427.
- Sudan, S. 1993. Isolasi dan Identifikasi Mikroba Selulolitik dari Limbah Tinja Sapi. *Skripsi*. Biologi FMIPA Universitas Airlangga Surabaya.
- Sundari, 2012. Suatu Model Pengembangan Media Pembelajaran *Slide Culture* Untuk Pengamatan Struktur Mikroskopis Kapang Pada Matakuliah Mycologi. *Jurnal Bioedukasi*. Vol 01 No. 01.
- Summerbell, R.C., S.A. Rosenthal and J Kane. 1988. Rapid Method for Differentiation of *Trichophyton Rubrum*, *Tricophyton Mentagrophytes* and Related Dermatophyte Species. *Journal of Clinic Microbio*. 26:2279-2282.
- Sutedjo. 1990. *Pemupukan dan Cara Pemupukan*. Rineka Cipta: Jakarta.
- Turista, D. D. T. 2017. Biodegradation of Organic Liquid Waste by Using Consortium Bacteria as Material Preparation of Environmental Pollution Course Textbook. *Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia*. 3 (2): 95-102.
- Vrillia Marannu T, Marina, Orryani Lambui, I Nengah Suwastika. 2018. Uji Aktivitas Selulase Dari Jamur Selulolitik Asal Tanah Danau Kalimpa'a Sulawesi Tengah. *Journal Of Science And Technology*. Vol (3): 323-333.
- Wiratno, E., N., Dan Novi, S., R. 2018. Isolasi, Identifikasi Dan Produksi Etanol Khamir *Indigenous Nira Siwalan (Borassus Flabellifer L.)* Dari Tuban, Jawa Timur, Indonesia. *Jurnal Biotropika*. Vol. 6, No. 1.

Lampiran 1. Hasil isolasi fungi dari tanah TPA talangagung

No	Gambar		Isolat Fungi
	Tampak depan	Tampak belakang	
1			F1
2			F2
3			F3
4			F4

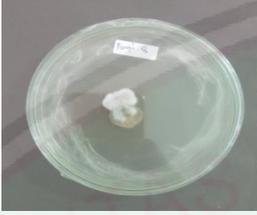
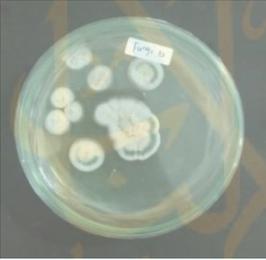
5			F5
6			F6
7			F7
8			F8
9			F9

10			F10
----	---	--	-----



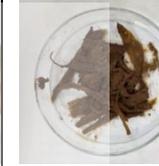
LAMPIRAN 2. Screening Potensi Isolat Fungi Pada Media CMC.

Isolat	Hasil skrinning		
	Gambar pada media pda	Gambar pada media CMC	Indeks selulolitik
F1			2,1 cm
F2			2,2 cm
F3			0 cm
F4			1,27 cm
F5			1,3 cm
F6			1,12 cm

F7			0 cm
F8			1,2 cm
F9			0 cm
F10			2,692 cm

Lampiran 3. Uji In Vitro

Gambar penampakan

Fun gi	HARI ke-				
	0	10	20	30	60
F1					
F2					
F10					

Lampiran 4. Uji spss

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		HASIL
N		60
Normal Parameters ^a	Mean	1.0574 1E1
	Std. Deviation	3.6704 97E0
	Most Extreme Differences	
	Absolute	.131
	Positive	.114
	Negative	-.131
Kolmogorov-Smirnov Z		1.018
Asymp. Sig. (2-tailed)		.251

a. Test distribution is normal

Berdasarkan tabel output diatas, diketahui bahwa nilai signifikansi asymp.sig (2-tailed) sebesar $0,251 > 0,05$. Maka sesuai dengan dasar pengambilan keputusan uji normalitas kolmoorov-smirnov diatas, dapat disimpulkan bahwa data berdistribusi normal. Oleh karena itu, asumsi normalitas dalam model regresi sudah dipenuhi.

Oneway

Test of Homogeneity of Variances

HASIL

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
10.212	19	40	.000

ANOVA

HASIL	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	738.659	19	38.877	27.660	.000
Within Groups	56.221	40	1.406		
Total	794.880	59			



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
JURUSAN BIOLOGI

Jl. Gajayana No. 50 Malang 65144 Telp./ Faks. (0341) 558933
Website: <http://biologi.uin-malang.ac.id> Email: biologi@uin-malang.ac.id

KARTU KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Arifatul Maula Alfarihah
NIM : 15620082
Program Studi : Biologi
Semester : Genap T.A 2019
Pembimbing : Prilya Dewi Fitriasari, M.Sc
Judul Skripsi : Biodegradasi Limbah Organik oleh Fungi Selulolitik dari Tanah Tempat Pemrosesan Akhir Talangagung, Kepanjen, Kabupaten Malang secara *In Vitro*.

NO.	TANGGAL	URAIAN KONSULTASI	TTD PEMBIMBING
1.	16-01-2019	Konsultasi judul skripsi	1.
2.	18-01-2019	Konsultasi judul dan metode	1. 2.
3.	21-01-2019	Konsultasi BAB I	3. 4.
4.	27-02-2019	Konsultasi BAB I	4.
5.	13-03-2019	Konsultasi BAB II	5.
6.	27-03-2019	Konsultasi BAB I,II dan III	6.
7.	29-03-2019	Revisi BAB I,II dan III	7.
8.	04-04-2019	Revisi BAB I,II dan III	8.
9.	09-04-2019	Acc proposal	9.
10.	24-02-2020	Konsultasi BAB IV	10.
11.	10-05-2020	Konsultasi BAB I, II, III, IV, V, daftar pustaka dan abstrak	11.
12.	21-05-2020	Konsultasi BAB I, II, III, IV, V, daftar pustaka dan abstrak	12.
13.	05-06-2020	Acc skripsi	13.

Malang, Juni 2020

Pembimbing Skripsi,

Ketua Jurusan,

Prilya Dewi Fitriasari, M.Sc
NIP. 19900428201608012062

Dr. Evika Sandi Savitri, M.P
NIP. 19741018 200312 2 002



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
JURUSAN BIOLOGI

Jl. Gajayana No. 50 Malang 65144 Telp./ Faks. (0341) 558933
Website: <http://biologi.uin-malang.ac.id> Email: biologi@uin-malang.ac.id

KARTU KONSULTASI AGAMA SKRIPSI

Nama : Arifatul Maula Alfariah
NIM : 15620082
Program Studi : Biologi
Semester : Genap T.A 2019
Pembimbing : Dr. H. Ahmad Barizi, M.A
Judul Skripsi : Biodegradasi Limbah Organik oleh Fungi Selulolitik dari Tanah Tempat Pemrosesan Akhir Talangagung, Kapanjen, Kabupaten Malang secara *In Vitro*

NO.	TANGGAL	URAIAN KONSULTASI	TTD PEMBIMBING
1.	02-04-2019	Konsultasi BAB I dan II	1.
2.	11-04-2019	ACC BAB I dan II	2.
3.	02-06-2020	Konsultasi BAB IV dan V	3.
4.	-06-2020	ACC Skripsi	4.

Malang, Juni 2020

Pembimbing Agama Skripsi,

Ketua Jurusan,

Dr. H. Ahmad Barizi, M.A
NIP. 19731212 199803 1 008

Dr. Evika Sandi Savitri, M.P
NIP. 19741018 200312 2 002