

**DEKOMPOSISI LIMBAH KULIT KAKAO OLEH JAMUR
Trichoderma harzianum DAN *Aspergillus niger* DI PUSAT
PENELITIAN KOPI DAN KAKAO INDONESIA**

Oleh:

PINKAN MEGA DITASARI



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
MALANG
2018**

DEKOMPOSISI LIMBAH KULIT KAKAO OLEH JAMUR *Trichoderma harzianum* DAN *Aspergillus niger* di PUSAT PENELITIAN KOPI DAN KAKAO INDONESIA

Oleh

PINKAN MEGA DITASARI

145040207111065

**MINAT MANAJEMEN SUMBERDAYA LAHAN
PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh Gelar Sarjana
Pertanian Strata Satu (S-1)**

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS PERTANIAN

JURUSAN TANAH

MALANG

2018

PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini merupakan hasil penelitian saya sendiri, dengan bimbingan komisi pemimbing. Skripsi ini tidak pernah diajukan untuk memperoleh gelar di perguruan tinggi manapun dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali dengan jelas ditunjukkan rujukannya dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Malang, 10 Agustus 2018

PINKAN MEGA DITASARI





Skripsi ini saya persembahkan untuk

Bapak Nawir Hartono, Ibu Firmarini
Serta Kakak Tercinta Bayu Adi, Dewi Maulidinah dan
Ponakan Kecilku Nasya Fatimah Z dan Seluruh Kru Sifit
Fams

LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Penelitian : Dekomposisi Limbah Kulit Kakao oleh Jamur *Trichoderma harzianum* dan *Aspergillus niger* di Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia

Nama Mahasiswa : Pinkan Mega Ditasari

NIM : 145040207111065

Jurusan : Ilmu Tanah

Program Studi : Agroekoteknologi

Disetujui oleh:

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping

(Prof. Ir. Eko Handayanto M.Sc.Ph.D)
 NIP. 19520305197903100

(Dr. Ir. Soetanto Abdoellah, SU)
 NIK. 111000165

Mengetahui

a.n Dekan Fakultas Pertanian

Universitas Brawijaya

Ketua Jurusan Tanah

(Prof. Dr. Ir Zainal Kusuma, SU)
 NIP. 19540501 198103 1 006

Tanggal persetujuan :



RINGKASAN

PINKAN MEGA DITASARI. 145040207111065. Dekomposisi Limbah Kulit Kakao oleh Jamur *Trichoderma harzianum* dan *Aspergillus Niger* di Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia. Di bawah bimbingan Eko Handayanto dan Soetanto Abdoellah

Peran kakao dalam pembangunan perekonomian di Indonesia cukup besar karena memiliki nilai ekspor yang tinggi di dunia. Seiring meningkatnya produktivitas kakao akan meningkatkan limbah kulit kakao yang tersisa. Pengelolaan limbah tanaman kakao masih belum ditangani dengan tepat sehingga terjadi penumpukan limbah kulit kakao. Kulit kakao umumnya langsung dibuang sebagai limbah, padahal kulit kakao dapat diolah menjadi produk yang lebih bermanfaat sehingga perlu dilakukan pengolahan limbah yang tepat.

Penelitian ini dilaksanakan di PUSLITKOKA pada bulan Desember 2017-Februari 2018 dengan dua tahap yaitu isolasi jamur *Trichoderma* dan *Aspergillus* dan uji dekomposisi isolat jamur *Trichoderma* dan *Aspergillus*. Hasil isolasi sampel tanah yang telah dilakukan pengenceran 10^{-3} dan 10^{-4} diinokulasi pada media PDA, sehingga diperoleh mikroorganisme yang diinginkan yaitu jamur *T. harzianum*. Jamur *A.niger* diisolasi di ruang terbuka menggunakan media PDA (Potato Dextrose Agar). Pengujian kemampuan antagonis antar jamur yang diuji dalam media PDA yang telah dipurifikasi dalam hari setelah inkubasi, berpengaruh sangat nyata terhadap persentase antagonis pada jamur yang diuji.

Suhu pada dekomposisi tertinggi pada perlakuan N1 (tidak ternaungi) sebesar 32,9°C. Suhu yang tidak stabil dan tidak tercapainya fase termofilik dikarenakan tumpukan bahan yang terlalu rendah. Kondisi pH selama proses pengomposan harus dijaga. Perlakuan pemberian jamur *T.harzianum* dan tidak ternaungi memiliki rata-rata pH yang paling rendah, sedangkan perlakuan pemberian jamur *A niger* dan tidak ternaungi memiliki rata-rata pH yang paling tinggi. Nilai C-organik pada perlakuan pemberian jamur *T. harzianum* dan tidak ternaungi memiliki rata-rata yang paling rendah, sedangkan perlakuan pemberian jamur *T. harzianum* dan ternaungi memiliki rata-rata C-organik yang paling tinggi. N total pada perlakuan pemberian mikroba pendekomposer dan ternaungi memiliki rata-rata yang paling rendah, sedangkan perlakuan pemberian jamur *T. harzianum* dan ternaungi memiliki rata-rata N total yang paling tinggi. Perlakuan pemberian jamur *T. harzianum* dan tidak ternaungi memiliki rata-rata C/N ratio yang paling rendah. Laju dekomposisi pada perlakuan kontrol dan tidak ternaungi memiliki nilai rata-rata yang paling rendah, sedangkan perlakuan pemberian jamur *T. harzianum* + *A. niger* dan ternaungi memiliki rata-rata laju dekomposisi yang paling tinggi. Kondisi substrat selama proses dekomposisi tidak mengalami perubahan bentuk yang signifikan. Pengamatan yang dilakukan secara visual pada masing-masing perlakuan menunjukkan warna yang sama.

SUMMARY

PINKAN MEGA DITASARI. 145040207111065. Decomposition of Cocoa Peel Waste by Fungi *Trichoderma harzianum* dan *Aspergillus Niger* in Cocoa and Coffee Research Indonesia. Supervised by Eko Handayanto and Soetanto Abdoellah

The role of cocoa in economic development in Indonesia is quite large. Besides that, cocoa also has a high export value in the world. As cocoa productivity increases, it will increase the waste of remaining cocoa skin. The management of cocoa plant waste is still not handled properly so there is a buildup of cocoa skin waste. Cocoa skin is generally disposed of as waste, even though cocoa skin can be processed into more useful products. So there is a need for waste treatment to be carried out.

This study was conducted at Coffea and Cocoa Research Institution on December, 2017 until February, 2018. There was two stages in this study: isolation of *Trichoderma* and *Aspergillus* and decomposition test of *Trichoderma* fungi and isolation of *Aspergillus*. The result showed that isolation of soil samples that have been diluted with 10^{-3} and 10^{-4} were inoculated on PDA media, so that the spesific microorganisms were obtained, namely *T. harzianum*. *A.niger* was isolated in an open space using PDA media (*Potato Dextrose Agar*). The testing of antagonistic ability among fungi tested in PDA media which had been purified in the days after incubation had a significant effect on the percentage of antagonists in the testing fungi.

The highest decomposition temperature in N1 treatment (not shaded) is 32.9°C. The temperature is not stable and does not reach the thermophilic phase because the stack of material that is too low will make the material lose heat faster, so that high temperatures cannot be achieved. pH conditions during the composting process must be maintained so that the condition remains stable. The treatment of giving *T.harzianum* and unshaded mushrooms had the lowest pH average, while the treatment of *A. niger* and unshaded fungi had the highest average pH. The C-organic value in the treatment of *T. harzianum* and unshaded fungi had the lowest average, while the treatment of *T. harzianum* and shaded mushroom gave the highest average organic C. The total N in the treatment of giving short and composer microbes had the lowest average, while the treatment of *T. harzianum* and shaded mushrooms had the highest total N total. The treatment of *T. harzianum* and unshaded fungi has the lowest average C / N ratio. Decomposysis rate in control and non-shaded treatments had the lowest mean value, while the treatment of *T. harzianum* + *A. niger* fungi and shaded had the highest average decomposition rate. The condition of the substrate during the decomposition process did not experience a significant change in shape. Observations made visually on each treatment showed the same color.

KATA PENGANTAR

Puji syukur dipanjatkan kehadiran Allah SWT atas limpahan Rahmat dan Hidayah-Nya telah menuntun penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “**Dekomposisi Limbah Kulit Kakao oleh Jamur *Trichoderma harzianum* dan *Aspergillus niger***”. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

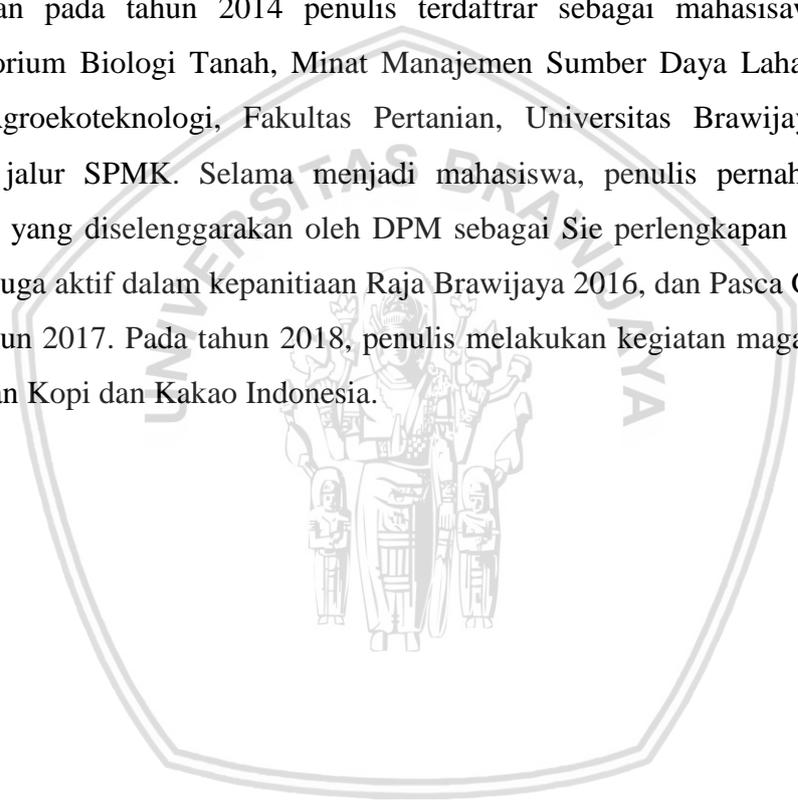
1. Prof. Ir. Eko Handayanto, M.Sc.Ph.D selaku pembimbing utama dan Dr. Ir. Soetanto Abdoellah, SU dan Febriana Nur' Aini, SP selaku Pembimbing ke 2 di PUSLITKOKA atas segala kesabaran, nasehat, dan arahan serta ketekunan dalam membimbing pembuatan skripsi ini
2. Bapak Nawir Hartono, Ibu Firmarini, Bayu A.S, Dewi Maulidinah, Annasya Fatimah Z dan Seluruh Kru “Sifit Fams” yang selalu memotivasi, mendoakan, membiayai, dan mendukung penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi penelitian dengan lancar
3. Teman-teman yang minta dituliskan dinamanya dalam kata pengantar antara lain: Pengabdian Bangil (Queen Bangil Hamoqitsi, Laili F.M, Retno Wilujeng, Norma Yunita S, Amrita, Prince Rega).
4. Keluarga besar MSDL 2014 Universitas Brawijaya yang telah membantu dan memberikan dukungan kepada penulis dalam mengerjakan skripsi.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu kritik saran yang membangun dari berbagai pihak sangat penulis harapkan untuk perbaikan. Semoga hasil dari penulisan ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak, dan memberikan sumbangan pemikiran dalam kemajuan ilmu pengetahuan.

Malang, 18 April 2018

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Kabupaten Pasuruan pada tanggal 15 Oktober 1996 sebagai anak kedua dari dua bersaudara, dari pasangan Bapak Nawir Hartono dan Ibu Firmarini. Penulis menempuh pendidikan formal di SDN Nguling 2, Kecamatan Nguling, Kabupaten Pasuruan pada tahun 2002 dan selesai pada tahun 2008. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan di SMPN 2 Nguling pada tahun 2008 dan selesai pada tahun 2010. Pada tahun 2011 hingga 2014 penulis melanjutkan pendidikan sekolah menengah atas di SMAN 1 Grati, Pasuruan. Kemudian pada tahun 2014 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Strata-1 Laboratorium Biologi Tanah, Minat Manajemen Sumber Daya Lahan, Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang melalui jalur SPMK. Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah mengikuti kegiatan yang diselenggarakan oleh DPM sebagai Sie perlengkapan. Selain itu, penulis juga aktif dalam kepanitiaan Raja Brawijaya 2016, dan Pasca GATRAKSI pada tahun 2017. Pada tahun 2018, penulis melakukan kegiatan magang di Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia.



DAFTAR ISI

RINGKASAN	i
SUMMARY	ii
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
I. PENDAHULUAN	9
1.1. Latar Belakang	9
1.2. Rumusan Masalah	11
1.3. Tujuan Penelitian.....	11
1.4. Hipotesis Penelitian.....	11
1.5. Manfaat Penelitian.....	11
II. TINJAUAN PUSTAKA	12
2.1. Kulit Kakao sebagai Limbah Pengolahan Kakao.....	12
2.2. <i>Trichoderma</i>	12
2.3. <i>Aspergillus</i>	13
2.4. Kompos	13
III. METODE PENELITIAN	17
3.1. Tempat dan Waktu Pelaksanaan Penelitian.....	17
3.2. Alat dan Bahan	17
3.3. Rancangan Penelitian	17
3.4. Analisis Data	18
3.5. Pelaksanaan Penelitian	19
3.6. Parameter Dekomposisi.....	22
3.7. Analisis Awal	22
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1. Isolasi Jamur <i>T. harzianum</i>	23
4.2. Isolasi Jamur <i>A.niger</i>	26
4.3. Perluasan Misselium paada Jamur <i>T. harzianum</i> dan <i>A. niger</i>	27
4.4. Pengaruh Penambahan Isolat Jamur Terhadap Dekomposisi Kulit Kakao.....	30
V. KESIMPULAN DAN SARAN	43
5.1. Kesimpulan.....	43
5.2. Saran	43
DAFTAR PUSTAKA	44
LAMPIRAN	47

DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
1.	Kombinasi Perlakuan	18
2.	Parameter Pengamatan	22
3.	Analisa awal	22
4.	Rataan 15 isolat terhadap diameter jamur <i>T. harzianum</i> pada Media PDA	24
5.	Hasil rataan pengamatan suhu yang dilakukan setiap minggu	30
6.	Kondisi Fisik Substrat pada Akhir Pengomposan.....	41



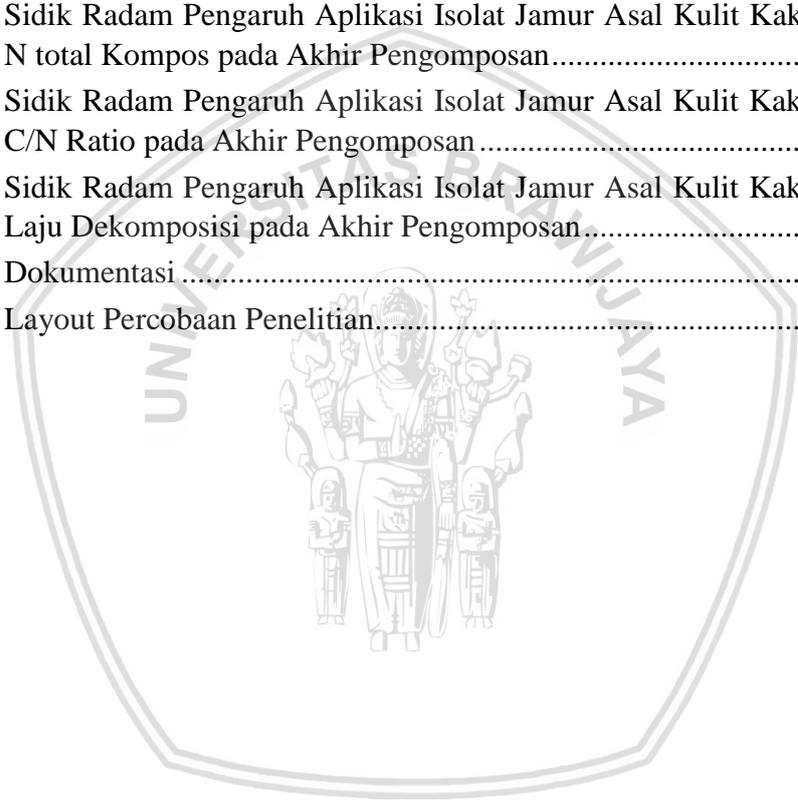
DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
1.	Hasil perkembangan koloni Jamur <i>T.harzianum</i> dengan perlakuan pengenceran 10^{-3} dan 10^{-4}	23
2.	Grafik hasil rata-rata diameter setiap sampel isolat jamur <i>T.harzianum</i> .	25
3.	Perkembangan diameter jamur <i>T. harzianum</i> dalam media PDA.	26
4.	Tahapan perkembangan jamur <i>A. niger</i> pada hari (a) ke-3 , (b) ke-4, (c) ke-5 dan (d) ke-6.....	27
5.	Daya hambat jamur.....	28
6.	Viabilitas <i>T. harzianum</i> perbesaran (A) 40 x, (B) 80x	29
7.	<i>Aspergillus niger</i> perbesaran 100x	29
8.	Rata-rata Kelembaban pada Proses Dekomposisi	32
9.	Rata-rata Intensitas Cahaya	32
10.	Rata-rata Derajat Keasaman (pH) Setelah Dekomposisi.....	33
11.	Kadar C-Organik substrat pada Akhir Dekomposisi.....	35
12.	Kadar N total Substrat pada Akhir Dekomposisi	36
13.	Nilai Nisbah C/N Substrat Akhir Dekomposisi.....	38
14.	Laju Dekomposisi Substrat.....	40
15.	Kondisi Fisik Substrat pada Akhir Dekomposisi	42



DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Teks	Halaman
1.	Rumus Laju Dekomposisi Olson (Andrianto, 2015)	47
2.	Pembuatan Media PDA (Potato Dextrose Agar)	47
3.	Sidik Ragam Hasil Analisis Uji Antagonis beberapa Jamur	47
4.	Sidik Radam Pengaruh Aplikasi Isolat Jamur Asal Kulit Kakao terhadap pH Kompos pada Akhir Pengomposan.....	47
5.	Sidik Radam Pengaruh Aplikasi Isolat Jamur Asal Kulit Kakao terhadap C-Organik Kompos pada Akhir Pengomposan.....	48
6.	Sidik Radam Pengaruh Aplikasi Isolat Jamur Asal Kulit Kakao terhadap N total Kompos pada Akhir Pengomposan.....	48
7.	Sidik Radam Pengaruh Aplikasi Isolat Jamur Asal Kulit Kakao terhadap C/N Ratio pada Akhir Pengomposan	49
8.	Sidik Radam Pengaruh Aplikasi Isolat Jamur Asal Kulit Kakao terhadap Laju Dekomposisi pada Akhir Pengomposan.....	49
9.	Dokumentasi	50
10.	Layout Percobaan Penelitian.....	53





I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil kakao ketiga di dunia setelah Pantai Gading dan Ghana yang nilai produksinya mencapai 1.315.800 ton/thn. Budidaya kakao memiliki peran yang cukup besar dalam perkembangan perekonomian, selain itu kakao juga memiliki nilai ekspor yang tinggi di dunia semakin tinggi nilai ekspor kakao juga ditandai dengan luasan lahan yang semakin banyak. Nilai ekspor kakao pada tahun 2015 – 2016 yaitu berturut-turut sebesar 293.780, 242.496 dan luasan lahan yang bertambah pada tahun 2015 – 2017 berturut-turut yaitu 593.331, 656.817 dan 688.345 (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2016) dengan meningkatnya produktivitas kakao produksi kulit buah kakao juga mengalami peningkatan sehingga mengakibatkan tingginya limbah kulit kakao yang tersisa.

Kulit buah kakao merupakan salah satu hasil samping kakao yang belum dimanfaatkan secara maksimal. Menurut Suparjo *et al.*, (2011) persentase kulit buah kakao adalah 75 % dari buah kakao secara utuh maka dihasilkan limbah kulit buah kakao sebesar 1.062.75 ton dalam satu tahun. Pengelolaan limbah tanaman kakao masih belum ditangani dengan tepat sehingga terjadi penumpukan limbah kulit kakao. Kulit kakao umumnya langsung dibuang sebagai limbah, padahal kulit kakao dapat diolah menjadi produk yang lebih bermanfaat seperti dijadikan kompos, sehingga perlu adanya pengolahan limbah yang harus dilakukan.

Kompos merupakan hasil fermentasi atau dekomposisi dari bahan-bahan organik seperti tanaman, hewan atau limbah organik lainnya. Pupuk kompos yang diolah dari limbah kulit buah kakao mempunyai kualitas yang cukup bagus dan berpengaruh baik terhadap tanaman kakao serta dapat meningkatkan produksi tanaman kakao (Agbeniyi *et al.*, 2011). Pemanfaatan limbah kulit kakao sebagai sumber unsur hara tanaman dalam bentuk kompos, sebagai bahan organik. Pemanfaatan kulit buah kakao sebagai kompos akan meningkatkan ketersediaan pupuk organik yang akan sangat membantu kebutuhan pupuk petani sehingga ketergantungan terhadap pupuk kimia dapat dikurangi. Proses pengomposan yang optimal bergantung pada aktivitas berbagai jenis mikroorganisme dekomposer

misalnya bakteri mesofilik dan termofilik, fungi, actinomycetes dan protozoa (Trautmann 2001). Starter atau inokulum biasanya ditambahkan untuk mengoptimalkan dan mempercepat proses pengomposan dengan meningkatkan jumlah mikroorganisme dan memperpendek fase laju dekomposisi (Graves *et al.*, 2000; Verawaty. 2004; Yuniwati *et al.*, 2012). Salah satu contoh starter yang sering digunakan pada pengomposan adalah EM4 (*Effective Microorganism 4*).

Trichoderma adalah jamur yang berada dalam tanah yang dapat diisolasi dari perakaran tanaman lapangan. *Trichoderma* memiliki fungsi sebagai dekomposer yang dapat mendekomposisi limbah organik (rontokan dedaunan dan ranting tua) menjadi kompos. *T.harzianum* merupakan jamur yang menguntungkan karena mempunyai sifat antagonis yang tinggi terhadap jamur-jamur patogen tanaman budidaya. Mekanisme pengendaliannya bersifat spesifik target dan mampu meningkatkan hasil produksi tanaman merupakan keunggulan jamur tersebut sebagai agen pengendali hayati. Jamur *T. harzianum* memiliki mekanisme yaitu kompetisi terhadap ruang dan makanan yang mampu menekan perkembangan patogen pada tanah dan jaringan tanaman. serta mengumpulkan nutrisi organik. menginduksi ketahanan dan inaktivasi enzimpatogen. *T. harzianum* dapat menekan pertumbuhan patogen dengan cara melilit hifa patogen mengeluarkan enzim β -1.3 *glukonase* dan *kitinase* yang dapat menembus dinding sel inang (Taufik, 2010).

Aspergillus niger merupakan salah satu jenis *Aspergillus* yang tidak menghasilkan mikotoksin sehingga tidak membahayakan. *A. niger* termasuk mikroba mesofilik. Dengan pertumbuhan maksimum pada suhu 35°C - 37°C (Fardiaz. 1989). *A.niger* merupakan kapang yang dapat tumbuh cepat dan menghasilkan beberapa enzim seperti *amylase*, *pektinase*, *amiloglukosidase* dan *selulase*.

Penelitian ini bertujuan untuk mengisolasi jamur *Trichoderma* dan *Aspergillus* kakao di Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia serta menguji kemampuan jamur *T. harzianum* dan *A. Niger* dalam mendekomposisi kulit kakao.

1.2. Rumusan Masalah

1. Apakah jamur *T. Harzianum* dan *A. niger* di Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia mampu mendekomposisi limbah kulit kakao?
2. Apakah jamur *T. harzianum* dan *A. Niger* mampu mendekomposisi lebih cepat ditempat dengan intensitas cahaya yang rendah?

1.3. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui kemampuan jamur *T. harzianum* dan *A. niger* di Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia dalam mendekomposisi limbah kulit kakao
2. Mengetahui kemampuan jamur *T. harzianum* dan *A. niger* dalam proses dekomposisi ditempat dengan intensitas cahaya yang rendah

1.4. Hipotesis Penelitian

1. Jamur *T.harzianum* dan *A.niger* mampu mendekomposisi limbah kulit kakao
2. Jamur *T.harzianum* dan *A.niger* mampu mendekomposisi lebih cepat ditempat dengan intensitas cahaya matahari yang rendah

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh jamur *T. harzianum* dan *A. niger* dalam proses mendekomposisi limbah kulit kakao di Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kulit Kakao sebagai Limbah Pengolahan Kakao

Pengolahan buah kakao dari biji yang menghasilkan produk – produk yang berbeda tergantung dengan cara pengolahannya. Pengolahan kakao yang digunakan untuk bahan baku membuat cokelat akan menghasilkan limbah kulit kakao sebagai limbah padat. Limbah padat yang berupa kulit kakao dihasilkan dari proses pemisahan antara kulit kakao dengan biji.

Buah kakao mempunyai kulit yang keras. Kulit buah kakao beratnya mencapai 75% seluruh berat buah. Limbah utama pengolahan buah kakao adalah kulit (cangkangnya), kulit buah kakao mengandung \pm 19% protein, 6,2% lemak dan 16% serat kasar (Siti Narsito, 2001).

Kandungan hara kompos yang dibuat dari kulit buah kakao adalah 1,81% N; 26,61 C-Organik; 0,31% P₂O₅; 6,08% K₂O; 1,22% CaO; 1,37% MgO dan 44,85cmol/kg KTK. Aplikasi kompos kulit buah kakao dapat meningkatkan produksi hingga 19,48 %.(Lies Indriyani dan Asniah. 2013).

Kulit kakao mempunyai potensi yang cukup besar untuk dijadikan sebagai kompos. Kandungan C/N Rasio yang tinggi dari pada tanah, yaitu 40 yang dapat membuat kesuburan tanah meningkat.

2.2. *Trichoderma*

Jamur *Trichoderma* merupakan salah satu jenis yang banyak ditemui pada semua jenis tanah dan pada berbagai habitat yang merupakan salah satu jenis jamur yang dapat dimanfaatkan sebagai agensia hayati pengendali patogen tanah dan telah menjadi perhatian penting sejak beberapa tahun ini karena kemampuannya sebagai pengendali biologis terhadap beberapa patogen tanaman (Harman *et al.*, 2004).

Jamur *Trichoderma* memiliki banyak manfaat diantaranya adalah sebagai organisme pengurai, membantu proses dekomposer dalam pembuatan pupuk bokashi dan kompos. Selain itu jamur *Trichoderma* sebagai agensia hayati, sebagai aktifator bagi mikroorganisme lain di dalam tanah. Biakan jamur *Trichoderma* dalam media aplikatif dedak bertindak sebagai biodekomposer yaitu mendekomposisi limbah organik menjadi kompos yang bermutu serta dapat juga

berlaku sebagai biofungisida yaitu menghambat pertumbuhan beberapa jamur penyebab penyakit pada tanaman. Pemberian jamur *Trichoderma* saat pengomposan dapat mempercepat proses pengomposan serta memperbaiki kualitas kompos yang dihasilkan. *Trichoderma* merupakan kelompok fungi yang telah diketahui memiliki kemampuan sebagai biodekomposisi yang baik, mampu memproduksi asam organik, seperti glicinic, citric atau asam fumaric, yang menurunkan pH tanah, dan solubilisasi phospat, mikronutrient dan kation mineral seperti besi, mangan, dan magnesium, yang bermanfaat untuk metabolisme tanaman serta metabolit yang meningkatkan pertumbuhan tanaman dan produksi hormon pertumbuhan tanaman, juga sebagai agen biokontrol yang melawan jamur Phytopatogen dan beberapa strain dapat memproduksi antibiotik, memparasit jamur lain serta antagonistik terhadap banyak patogen tanaman (Sriwati Rina *et al.*, (2013).

2.3. *Aspergillus*

Jamur *Aspergillus* merupakan jamur yang paling banyak ditemui antara lain di kulit kakao yang sudah membusuk, di udara jamur *Aspergillus* juga dapat ditemukan. *Aspergillus niger* merupakan salah satu spesies yang paling umum dan mudah diidentifikasi dari genus *Aspergillus*. *A.niger* dapat tumbuh dengan cepat.

A.niger merupakan jamur yang dapat meningkatkan ketersediaan P ditanah oleh sebab itu *A.niger* masuk ke dalam golongan jamur pelarut fosfat yang dapat digunakan untuk pupuk hayati atau biofertilizer karena *A.niger* mempunyai kemampuan melarutkan senyawa fosfat yang sukar larut menjadi bentuk yang tersedia bagi tanaman (Andrias *et al.*, 2015).

2.4. Kompos

Kompos merupakan salah satu jenis pupuk organik. Pupuk organik adalah pupuk yang berasal dari tumbuhan, seresah, kotoran hewan yang berbentuk padat atau cair. Kompos bermanfaat untuk meningkatkan kandungan hara dan bahan organik tanah serta memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah

Kompos merupakan bahan organik seperti daun-daunan, jerami, alang-alang, rumput-rumputan, dedak padi, batang jagung, serta kotoran hewan yang telah mengalami proses dekomposisi oleh mikroorganisme pengurai, sehingga

dapat dimanfaatkan untuk memperbaiki sifat-sifat tanah. Kompos mengandung hara-hara mineral yang esensial bagi tanaman. Di lingkungan alam terbuka, proses pengomposan bisa terjadi dengan sendirinya. Lewat proses alami, rumput, daun-daunan dan kotoran hewan serta sampa lainnya lama kelamaan membusuk karena adanya kerja sama antara mikroorganisme dengan cuaca. Proses tersebut bisa dipercepat oleh perlakuan manusia, yaitu dengan menambahkan mikroorganisme pengurai sehingga dalam waktu singkat akan diperoleh kompos yang berkualitas baik.

Organisme membutuhkan kondisi yang sesuai agar dapat melakukan aktivitasnya sebagai perombak bahan organik. Menurut Widarti *et al.*, (2015) . faktor yang mempengaruhi proses pengomposan antara lain:

1. Rasio C/N

Nisbah C/N yang efektif untuk proses pengomposan berkisar antara 30:1 hingga 40:1. Mikroba memecah senyawa C sebagai sumber energi dan menggunakan N untuk sintesis protein. Pada nisbah C/N di antara 30 sampai dengan 40 mikroba mendapatkan cukup C untuk energi dan N untuk sintesis protein. Apabila nisbah C/N terlalu tinggi, mikroba akan kekurangan N untuk sintesis protein sehingga dekomposisi berjalan lambat. Umumnya masalah utama pengomposan adalah pada nisbah C/N yang tinggi, terutama jika bahan utamanya adalah bahan yang mengandung kadar kayu tinggi (sisa gergajian kayu, ranting, dan ampas, tebu). Untuk menurunkan nisbah C/N diperlukan perlakuan khusus, misalnya menambahkan mikroorganisme selulolitik atau dengan menambahkan kotoran hewan karena kotoran hewan mengandung banyak senyawa nitrogen.

2. Ukuran partikel

Aktivitas mikroba berada di antara permukaan area dan udara. Permukaan area yang lebih luas akan meningkatkan kontak antara mikroba dengan bahan dan proses dekomposisi akan berjalan lebih cepat. Ukuran partikel juga menentukan besarnya ruang antar bahan (porositas). Untuk meningkatkan luas permukaan dapat dilakukan dengan memperkecil ukuran partikel bahan tersebut.

3. Aerasi

Aerasi ditentukan oleh porositas dan kandungan air bahan (kelembaban). Apabila aerasi terhambat maka akan terjadi proses anaerob yang akan

menghasilkan bau yang tidak sedap. Aerasi dapat ditingkatkan dengan melakukan pembalikan atau mengalirkan udara di dalam tumpukan kompos.

4. Porositas

Porositas adalah ruang diantara partikel di dalam tumpukan kompos. Porositas dihitung dengan mengukur volume rongga dibagi dengan volume total. Rongga-rongga ini akan diisi oleh air dan udara. Udara akan mensuplai oksigen untuk proses pengomposan. Apabila rongga dijenuhi oleh air, maka pasokan oksigen akan berkurang dan proses pengomposan juga akan terganggu.

5. Kelembaban

Mikroorganisme dapat memanfaatkan bahan organik apabila bahan organik tersebut larut di dalam air. Kelembaban 40 – 60% adalah kisaran optimum untuk metabolisme mikroba. Apabila kelembaban di bawah 40% aktivitas mikroba akan mengalami penurunan dan akan lebih rendah lagi pada kelembaban 15%. Apabila kelembaban lebih besar dari 60%, hara akan tercuci volume udara berkurang, akibatnya aktivitas mikroba akan menurun dan akan terjadi fermentasi anaerobik yang menimbulkan bau tidak sedap.

6. Temperatur/ Suhu

Panas dihasilkan dari aktivitas mikroba. Ada hubungan langsung antara peningkatan suhu dengan konsumsi oksigen. Semakin tinggi temperatur akan semakin banyak konsumsi oksigen dan akan semakin cepat pula proses dekomposisi. Peningkatan suhu dapat terjadi dengan cepat pada tumpukan kompos. Temperatur yang berkisar antara 30-60°C menunjukkan aktivitas pengomposan yang cepat. Suhu yang lebih tinggi dari 60°C akan membunuh sebagian mikroba dan hanya mikroba termofilik saja yang akan tetap bertahan hidup. Suhu yang tinggi juga akan membunuh mikroba-mikroba patogen tanaman dan benih-benih gulma.

7. pH

pH yang optimum untuk proses pengomposan berkisar antara 6,5 sampai 7,5. pH kotoran ternak umumnya berkisar antara 6,8 hingga 7,4. Proses pengomposan sendiri akan menyebabkan perubahan pada bahan organik dan pH bahan itu sendiri. Sebagai contoh proses pelepasan asam secara temporer atau lokal akan menyebabkan penurunan pH (pengasaman), sedangkan produksi

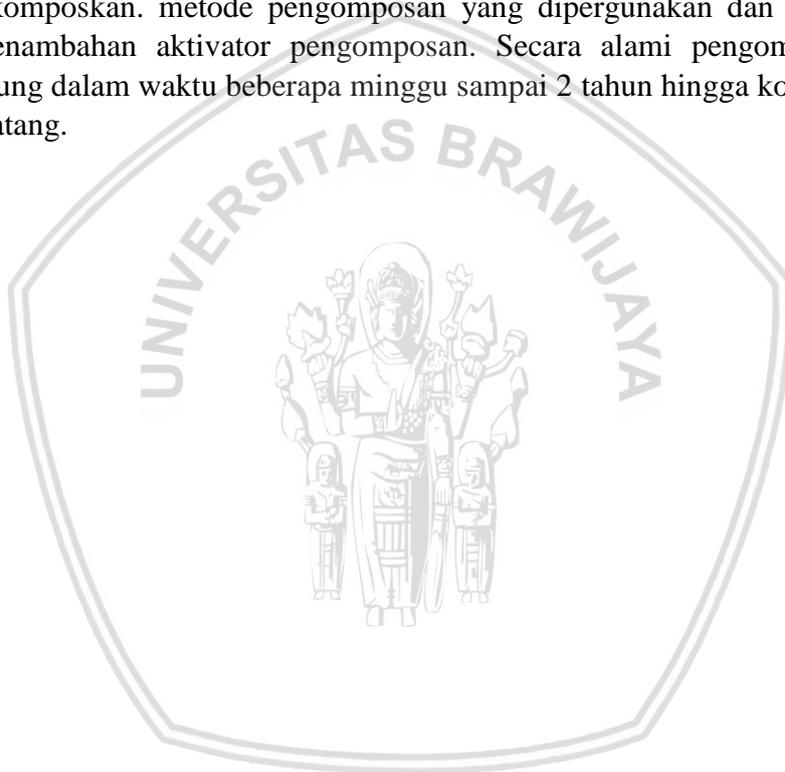
amonias dari senyawa-senyawa yang mengandung nitrogen akan meningkatkan pH pada fase-fase awal pengomposan, pH kompos yang sudah matang biasanya mendekati netral.

8. Kandungan Hara

Kandungan P dan K juga penting dalam proses pengomposan dan biasanya terdapat di dalam kompos-kompos dari peternakan. Hara ini akan dimanfaatkan oleh mikroba selama proses pengomposan.

9. Lama pengomposan

Lama waktu pengomposan tergantung pada karakteristik bahan yang dikomposkan, metode pengomposan yang dipergunakan dan dengan atau tanpa penambahan aktivator pengomposan. Secara alami pengomposan akan berlangsung dalam waktu beberapa minggu sampai 2 tahun hingga kompos benar-benar matang.



III. METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember – April 2018. Kegiatan penelitian meliputi pengambilan sampel tanah, analisa laboratorium dan isolasi jamur. Kegiatan pengambilan sampel tanah dilakukan pada bulan Desember di Kebun Percobaan Kaliwining di Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia. Isolasi jamur *Trichoderma* dan *Aspergillus* dilaksanakan di Laboratorium Perlindungan Tanaman Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia, selanjutnya dilanjutkan dekomposisi di *Green house* dan untuk menganalisis sifat kimia hasil dekomposisi isolat jamur *Trichoderma* dan *Aspergius* di Laboratorium Kimia, Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya Malang.

3.2. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian yaitu, plastik dan bor untuk pengambilan sampel tanah. *Laminar Air Flow (LAF)*, autoklaf, bunsen, korek api, timbangan analitik, pipet mikro, jamur ose, mikroskop, oven, cawan petri untuk kegiatan isolasi; polibag dan kertas label untuk tempat pengomposan kulit kakao; pipet, gelas ukur, erlemeyer, timbangan, dan glassware untuk kegiatan analisis sifat kimia kompos.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanah dari Kebun Percobaan Kaliwining, kulit kakao dan H_2SO_4 pekat, $K_2Cr_2O_7 \cdot 2H_2O$, H_2O , H_2SO_4 , $NaOH$, yang akan digunakan untuk analisis sifat kimia kompos. Media biakan yang digunakan untuk isolasi jamur adalah *Potato Dextrose Agar (PDA)*.

3.3. Rancangan Penelitian

Aplikasi isolat jamur pada kulit kakao terdiri atas empat perlakuan dan satu kontrol yang disusun menggunakan Rancangan Petak Terbagi (Split Plot) dengan tiga kali ulangan sehingga menghasilkan 10 unit percobaan yang dilakukan di *Green House*. Terdapat dua perlakuan, perlakuan pertama sebagai petak utama yaitu perlakuan naungan diberi simbol “N” dan perlakuan kedua berupa anak petak (sub plot) yaitu pemberian jamur yang diberi simbol “T” yaitu:

1. Faktor A : perlakuan naungan (Petak Utama)
N0 : Ternaungi

- N1 : Tidak ternaungi
2. Faktor B : perlakuan pemberian beberapa isolat jenis jamur terhadap kulit buah kakao (Anak Petak)
- T0 : Kontrol (tanpa jamur)
- T1 : *T. harzianum* + kulit kakao
- T2 : *A. niger* + kulit kakao
- T3 : *T. harzianum* + *A. niger* + kulit kakao
- T4 : Kulit kakao + Mikroba pendekomposer yang ada dipasaran

Diperoleh kombinasi perlakuan pada Tabel 1.

Tabel 1. Tabel kombinasi perlakuan

No	Kode	Deskripsi
1	NOT0	Ternaungi + kontrol
2	NOT1	Ternaungi + <i>T. harzianum</i> + kulit kakao
3	NOT2	Ternaungi + <i>A. niger</i> + kulit kakao
4	NOT3	Ternaungi + <i>T. harzianum</i> + <i>A. niger</i> + kulit kakao
5	NOT4	Ternaungi + kulit kakao + Mikroba pendekomposer
6	NIT0	Tidak ternaungi + kontrol
7	NIT1	Tidak ternaungi + <i>T. harzianum</i> + kulit kakao
8	NIT2	Tidak ternaungi + <i>A. niger</i> + kulit kakao
9	NIT3	Tidak ternaungi + <i>T. harzianum</i> + <i>A. niger</i> + kulit kakao
10	NIT4	Tidak ternaungi + kulit kakao + Mikroba pendekomposer

3.4. Analisis Data

Pengolahan data menggunakan analisis Rancangan Petak Terbagi (Split Plot) dengan 3 ulangan, dimana rumus sebagai berikut :

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_{ik} + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}, \quad i = 1, 2, \dots, a; \quad j = 1, 2, \dots, b; \quad k = 1, 2, \dots, r \quad (2)$$

Dimana:

y_{ijk} = Pengamatan pada faktor A (petak utama) taraf ke-i , faktor B (anak petak) baris ke-j dan ulangan ke-k ;

μ = Rataan umum

α_i = Pengaruh utama faktor A pemberian naungan (petak utama)

β_j = Pengaruh utama faktor B pemberian jamur (anak petak)

γ_{ik} = Komponen acak dari faktor A (naungan) berdistribusi normal $(0, \sigma^2)$

$(\alpha\beta)ij$ = Pengaruh komponen interaksi faktor A (naungan) dan faktor B (pemberian jamur);

ϵ_{ijk} = Error (pengaruh acak) pada faktor A (naungan) taraf ke-i, faktor B (pemberian jamur) dalam baris ke-j dan ulangan ke-k menyebar normal $(0, \sigma^2)$.

Bila ada pengaruh nyata terhadap perlakuan baik di Laboratorium dan dilapangan maka akan dilakukan analisis ujian lanjut BNT 5%.

3.5. Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan dalam dua tahap, yaitu:

1. Isolasi jamur *Trichoderma* dan *Aspergillus*, dan
2. Uji dekomposisi isolat jamur *Trichoderma* dan *Aspergillus*.

Tahap 1: Isolasi jamur *Trichoderma* dan *Aspergillus*

Sampel untuk isolasi jamur T. harzianum

Sampel tanah yang diperoleh dari Kebun Percobaan Kaliwining di Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia, sampel tanah yang telah diambil dengan bor dengan kedalaman 10 – 20 cm dimasukkan ke dalam plastik. *T.harzianum* termasuk kedalam mikroba selulolitik yang hidup pada lapisan atas dari tanah pada kedalaman 0-30 cm dan bersifat aerob (Rosa *et al.*, 2013).

Isolasi jamur T. harzianum dan A. niger

Isolasi jamur *T. harzianum* menggunakan metode pengenceran. Sampel tanah 10 g ditimbang selanjutnya dimasukan ke dalam *beaker glass* yang berisi air steril sebanyak 100 mL kemudian di aduk menggunakan stirer hingga homogen. Tahap pengenceran dilakukan hingga tingkat pengenceran 10^{-4} . Hasil dari tiap-tiap pengenceran 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} dan 10^{-4} dipipet sebanyak 1 μ l kemudian dituang ke dalam *beaker glass* yang berisi air steril sebanyak 90 mL kemudian pada pengenceran 10^{-3} dan 10^{-4} yang digunakan dengan menggunakan mikro pipet ditetesi dengan media *potato dextrose agar (PDA)* dan diinkubasi pada inkubator dengan suhu 28°C selama dua sampai lima hari. Pengamatan dilakukan setiap hari sampai ada jamur yang tumbuh kemudian diidentifikasi. Isolasi jamur *Aspergillus niger* dilakukan diruang terbuka dengan media *Potato Dextrose Agar (PDA)*.

Purivikasi Isolat T. Harzianum dan A.niger

Pemurnian *T. Harzianum* dan *A. niger* menggunakan teknik gores (*Streak plate*) dilakukan dengan cara menumbuhkan kembali isolat tersebut di media PDA yang baru kemudian diinkubasi selama tujuh hari hingga siap untuk dilakukan pengujian.

Uji Antagonis *T. Harzianum* dan *A. niger*

Uji antagonis merupakan uji yang digunakan untuk mengetahui sifat antagonis suatu mikroba terhadap mikroba lain. Uji antagonis pada penelitian ini berfungsi untuk mengetahui sifat antagonis atau kemampuan hambat dari masing-masing isolat jamur sebelum dikonsorsiumkan. Uji antagonis dilakukan dengan metode uji ganda, yaitu potongan miselium isolat jamur dengan diameter berukuran ± 5 mm dan potongan miselium isolat jamur dengan diameter berukuran ± 5 mm diletakkan di media PDA dalam cawan petri. Jarak antara kedua isolat tersebut 3 cm (Winarsih dan Syafrudin, 2001). Persentase penghambatan dihitung berdasarkan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Analisis P} = \frac{R1 - R2}{R1} \times 100\%$$

Dimana :

P = Persentase penghambat

R1 = Jari-jari pertumbuhan isolat ke arah tepi cawan

R2 = Jari-jari pertumbuhan isolat ke arah tepi cawan isolat lain

Kriteria seleksi dilakukan terhadap persentase daya hambat, nilai $>70\%$ dikategorikan sebagai isolat terseleksi (Amaria et al., 2013)

Tahap 2. Uji Dekomposisi Isolat Jamur *T. harzianum* dan *A. niger*

Perbanyak Isolat

Perbanyak isolat jamur *T. harzianum* dan *A. niger* menggunakan jagung. Perbanyak jamur *T. harzianum* dan *A. niger* dengan media beras melalui tahap.

- a. Beras jagung ditanak seperti menanak nasi sampai setengah matang.
- b. Beras jagung yang telah ditanak setengah matang kemudian dimasukkan ke dalam kantong plastik sebanyak 250 gram.
- c. Kantong plastik yang telas terisi beras jagung kemudian ditutup hingga tidak ada rongga udara didalamnya. Hal tersebut dilakukan agar ketika beras jagung tersebut disterilkan didalam autoclave tidak terjadi ledakan didalam plastik akibat tekanan yang ada diautoclav.

- d. Setelah itu kemudian beras jagung disterilkan dengan menggunakan autoclave selama 1 jam.
- e. Setelah 1 jam kemudian beras jagung diangkat dan didinginkan, untuk menggunakan blower.
- f. Setelah dingin kemudian media beras jagung yang memadat diremahkan dengan cara diremas-remas.
- g. Setelah remah kemudian media diisi dengan jamur *T. harzianum* dan *A. niger* hasil dari purifikasi kemudian mencampurkannya dengan cara mengocok.
- h. Setelah tercampur rata kemudian plastik ditutup dengan menggunakan kolong yang terbuat dari pipa yang telah diisi dengan kapas setril lalu diikat dengan menggunakan karet. Tujuan digunakannya kapas yaitu untuk menjaga sirkulasi udara agar jamur *T. harzianum* dan *A. niger* tetap bertahan hidup dan berkembang.
- i. Setelah selesai kemudian media beras jagung diletakkan di ruang inkubasi, setelah 2 hari apabila sudah muncul miselium jamur *T. harzianum* dan *A. niger* maka media beras jagung diremas-remas kembali agar jamur yang dihasilkan nanti banyak dan merata. Selain itu peletakan kantong plastik pada rak inkubasi diletakkan dengan posisi tidur yang tujuannya agar spora dapat mudah tumbuh dan menyebar rata.
- j. Pemanenan dapat dilakukan setelah H+8 penanaman. Setelah pemanenan, jamur *T. harzianum* dan *A. Niger* dikering anginkan agar jamur dapat bertahan agak lama dalam penyimpanan.

Dekomposisi Substrat

Substrat yang digunakan adalah limbah kulit kakao yang dicacah sebanyak 4 kg. Kulit yang telah dicacah selanjutnya disterilkan dengan klorox selama 2 menit kemudian dikering anginkan dan selanjutnya dibilas dengan air panas kemudian didinginkan selanjutnya jamur isolat ditambahkan sesuai perlakuan dengan 25g/250 mL isolat jamur dalam media jagung. Plastik yang berisi isolat dan kulit kakao kemudian dikocok. Selanjutnya dimasukkan kedalam wadah. Dekomposisi substrat dilakukan selama tujuh minggu. Pengukuran suhu dilakukan setiap dua kali setiap minggu setelah aplikasi.

3.6. Parameter Dekomposisi

Parameter pengamatan dan pengomposan yang diamati yaitu laju dekomposisi dengan menggunakan metode dan rumus dari Olson yang dihitung setelah pengomposan sedangkan pengamatan suhu menggunakan termometer yang diukur setiap dua kali dalam seminggu. Analisis kimia yang dilakukan dengan mengukur pH, C-organik, N total dan C/N ratio dilakukan setelah pengomposan selesai. Parameter kegiatan penelitian dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Tabel parameter pengamatan

Variabel	Metode	Waktu
Laju dekomposisi	Olson	Setelah pengomposan
Suhu	Termometer	Hari ke-0. 3. 6. 9. 12. 15. dst setelah aplikasi
pH	pH meter	Setelah pengomposan
C-organik	<i>Walkley dan Black</i>	Setelah pengomposan
N total	Kjeldahl	Setelah pengomposan
C/N ratio	Perhitungan C-organik/N total	Setelah pengomposan
Kondisi fisik substrat	Visual	Setelah pengomposan
- Warna		
- Bentuk		

3.7. Analisis Awal

Analisis kimia yang dilakukan di Laboratorium Kimia FP UB untuk menganalisis nilai pH, C-organik, N total dan C/N ratio untuk dibandingkan dengan nilai sesudah pengomposan. Analisis kimia sebelum proses dekomposisi dapat dilihat pada Tabel 3.

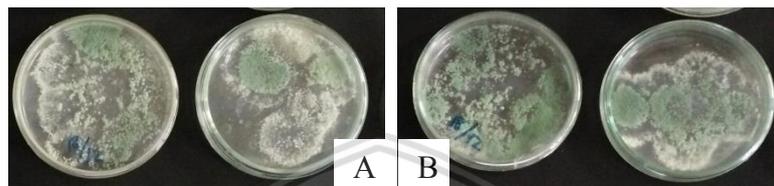
Tabel 3. Analisa awal

Parameter	Hasil Analisis	Standart SNI
pH	6,68%	6,8 – 8,0
C-organik	26,61%	< 6
N total	0,92%	0,40
C/N ratio	25,68	10 - 20

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Isolasi Jamur *T. harzianum*

Jamur *T.harzianum* diisolasi berasal dari tanah yang berlokasi di Kebun Percobaan Kaliwining pada tanaman kakao. Jamur *T. harzianum* diisolasi menggunakan media PDA (*Potato Dextrose Agar*) dengan melakukan pengenceran 10^{-3} dan 10^{-4} yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Keterangan : Pengenceran (A) 10^{-3} dan (B) 10^{-4}

Gambar 1. Hasil perkembangan koloni Jamur *T.harzianum* dengan perlakuan pengenceran 10^{-3} dan 10^{-4}

Gambar 1 menunjukkan hasil isolasi sampel tanah yang telah dilakukan pengenceran 10^{-3} dan 10^{-4} diinokulasi pada media PDA, sehingga diperoleh mikroorganisme yang diinginkan yaitu jamur *T. harzianum* berikut dapat dilihat bahwa pertumbuhan isolat yang telah dilakukan pengenceran, jamur dapat berkembang cukup baik dalam media PDA. Media PDA merupakan media untuk jamur *T. harzianum* yang dapat menguraikan selulosa. Hal ini menandakan bahwa media selektif adalah media biakan yang mengandung paling sedikit satu bahan yang menghambat pertumbuhan mikroorganisme yang tidak diinginkan dan hanya menumbuhkan jamur *T. harzianum* yang diisolasi. Pengenceran dilakukan untuk menghindari kesulitan pada tahap awal isolasi akibat terlalu banyaknya mikroorganisme pada sampel untuk menghindari terjadinya lisis pada saat pengenceran.

Menurut Prabowo *et al.*, (2006) bahwa *T. harzianum* termasuk cendawan yang mudah tumbuh pada berbagai habitat dan lingkungan serta dapat menghasilkan enzim *selulase* sehingga mampu mendegradasi media yang mengandung selulosa. Setelah dilakukan pemurnian, isolat ditumbuhkan pada media PDA untuk perkembangan jamur *T. harzianum*. Diperoleh 15 sampel petri atau isolat untuk mengetahui diameter perkembangan jamur *T. harzianum* melalui media PDA kemudian mengukur diameter perkembangan jamur selama 5 hari yang dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 1. Rataan 15 isolat terhadap diameter jamur *T. harzianum* pada Media PDA

Sampel	Perkembangan Diameter Jamur (his)					Rataan
	I	II	III	IV	V	
1	1.55	5.75	6.85	8.80	9.25	6.44 ⁽⁹⁾
2	1.90	5.55	6.10	8.90	9.30	6.35 ⁽¹¹⁾
3	2.10	5.40	6.30	9.35	9.40	6.51 ⁽⁵⁾
4	1.65	5.50	8.10	8.95	9.15	6.67 ⁽¹⁾
5	1.30	5.20	6.85	9.10	9.30	6.35 ⁽¹¹⁾
6	1.75	4.85	6.15	9.25	9.40	6.28 ⁽¹²⁾
7	1.70	4.95	5.85	8.90	9.25	6.13 ⁽¹³⁾
8	2.05	5.65	6.40	9.25	9.40	6.55 ⁽⁴⁾
9	2.05	5.85	6.45	9.15	9.45	6.59 ⁽³⁾
10	2.45	5.85	6.40	9.05	9.40	6.63 ⁽²⁾
11	1.90	5.50	6.25	8.95	9.35	6.39 ⁽¹⁰⁾
12	1.75	5.75	6.30	8.65	9.30	6.35 ⁽¹¹⁾
13	1.95	5.50	6.40	9.20	9.40	6.49 ⁽⁶⁾
14	2.05	5.70	6.60	8.85	9.15	6.47 ⁽⁸⁾
15	2.25	5.60	6.35	8.85	9.35	6.48 ⁽⁷⁾

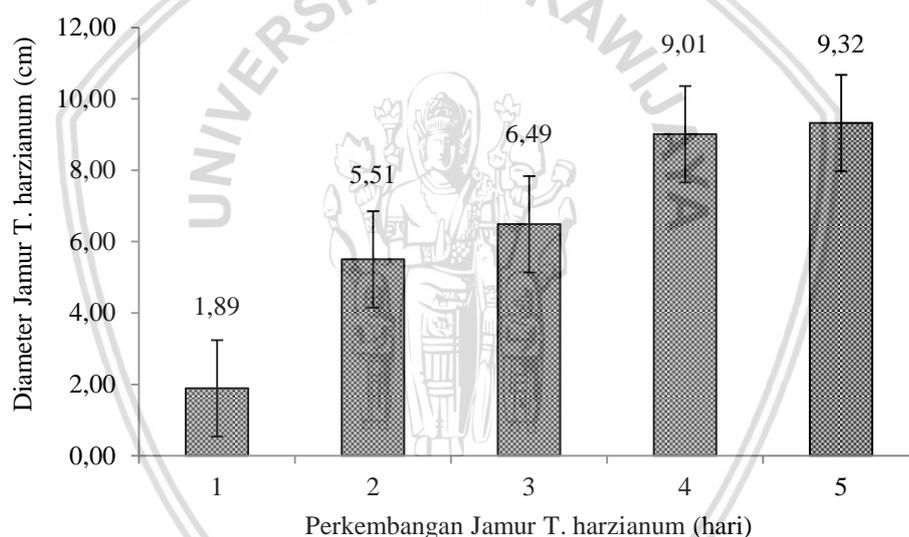
Keterangan : Angka yang didalam kurung merupakan hasil perankingan mulai angka tertinggi sampai dengan terendah.

Pada Tabel 4 terdapat 15 sampel isolasi jamur *T. harzianum* dalam media PDA menunjukkan bahwa hasil perkembangan rata-rata isolat berdasarkan perankingan terhadap perkembangan diameter jamur selama 5 hari setelah inkubasi (HIS). Perkembangan diameter jamur tertinggi ditunjukkan pada sampel 4, 10, 9 dan 8 dengan nilai rata-rata di atas 6,50 cm sedangkan hasil pengamatan diameter terendah ditunjukkan pada sampel 7 dan 6 dengan hasil nilai di bawah 6,30 cm namun ada beberapa sampel menunjukkan hasil medium bahkan memiliki perkembangan yang sama terhadap diameter jamur *T. harzianum*. Hal ini dikarenakan media PDA sesuai untuk perkembangan Jamur *T. harzianum* sehingga mampu berkembang dengan baik pada setiap sampel yang diamati.

Menurut Ganjar *et al.* (2006), secara umum pertumbuhan jamur dipengaruhi oleh substrat, kadar air, derajat keasaman substrat (pH) dan senyawa kimia di lingkungannya. Hal ini didukung oleh Carlile dan Watkinson (1995) mengemukakan bahwa faktor-faktor yang berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan jamur antara lain nutrisi meliputi gula, polisakarida, asam-asam organik, lipid sebagai sumber karbon; nitrat, amonia, asam-asam amino,

polipeptida dan protein sebagai sumber nitrogen; hidrogen, oksigen, sulfur, fosfor, magnesium, potasium.

Pada gambar 2 menandakan bahwa adanya variasi perkembangan dari 15 sampel inokulasi jamur *T. harzianum* pada media PDA. Hasil rata-ran diameter jamur sampel inokulat 4, 9 dan 10 menunjukkan perkembangan terbaik dengan hasil diameter > 6.50 cm baik dari garis lintang maupun bujur. Sedangkan perkembangan diameter sampel inokulat terendah ditunjukkan pada sampel ke 6 dengan hasil < 6.20 cm. Hal ini menunjukkan bahwa media PDA mampu memenuhi perkembangan jamur *T. harzianum* dalam media. Sesuai dengan pernyataan Gindjar et al (2006), bahwa media PDA merupakan media yang kaya akan karbohidrat dan mudah dicerna sehingga memudahkan kapang endofit untuk tumbuh seperti jamur *Thricoderma sp.*

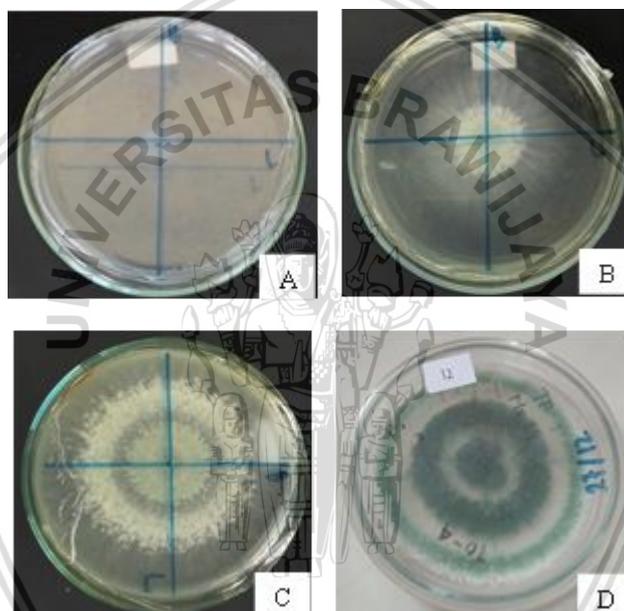


Gambar 2. Grafik hasil rata-ran diameter setiap sampel isolat jamur *T.harzianum*

Hasil dari isolasi yang berasal dari pengenceran 10^{-3} dan 10^{-4} , kemudian dilakukan pemurnian ke media PDA untuk mengetahui tahapan perkembangan jamur *T. harzianum* dan diamati selama 5 hari setelah inkubasi (hsi). Perkembangan jamur *T. harzianum* dilakukan dengan melihat perluasan diameter petri penampakan dari garis lintang dan garis bujur, sehingga diperoleh diameter jamur dengan melihat rata-ran hasil perharinya yang dapat dilihat pada Gambar 2. Berdasarkan hasil inokulasi mulai hari ke-1 hingga ke-5 menunjukkan hasil yang signifikan hingga mencapai nilai tertinggi yaitu 9,32 cm. Penggunaan media PDA mampu memenuhi nutrisi untuk perkembangan jamur *T. harzianum* yang bersifat

aerob. Media yang digunakan untuk inkubasi sampel tanah dari jamur *T. harzianum* yaitu menggunakan media PDA dimana kapang akan banyak tumbuh pada media yang banyak mengandung karbohidrat, seperti PDA yang terbuat dari kentang (Hafsari, 2013).

Hasil pengamatan koloni jamur *T. harzianum* nampak perkembangan langsung pada media PDA terlihat pertumbuhan awal warna hifa berwarna putih kemudian berubah warna menjadi hijau pada pengamatan hari ke-5. Isolat-isolat *T. harzianum* berasal dari sampel tanah pada kebun kakao dan kemudian jamur *T. harzianum* dapat membentuk hifa, dimana perubahan dari putih atau abu-abu menjadi hijau dengan tingkat yang bervariasi dapat dilihat pada gambar 3.



Keterangan : Tahapan perkembangan jamur *T. harzianum* (A) Awal, (B) hari ke-2, (C) hari ke-4, (D) hari ke-5.

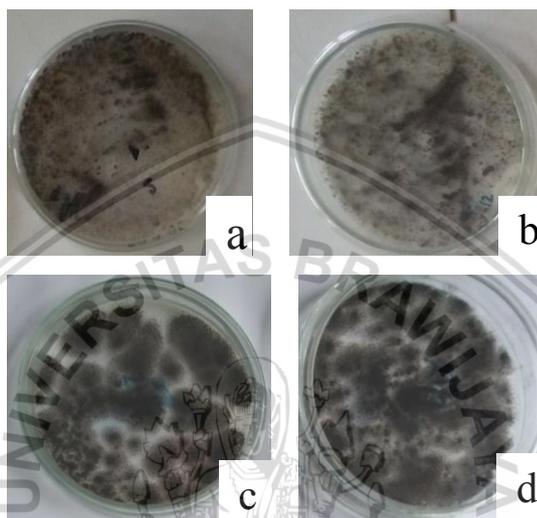
Gambar 3. Perkembangan diameter jamur *T. harzianum* dalam media PDA.

4.2. Isolasi Jamur *A.niger*

Jamur *A.niger* diisolasi menggunakan media PDA (Potato Dextrose Agar). Media PDA dipilih karena pada media PDA banyak mengandung karbohidrat sebagai nutrisi bagi jamur. *A.niger*. Kemudian jamur diisolasi diruangan terbuka yang berisi media PDA selama 1 jam dan ditutup kembali setelah itu diinkubasi. Jamur *A.niger* tumbuh pada media PDA selama 3-4 hari. Kemudian jamur akan memproduksi hifa aerial yang membentuk struktur konodia khas yaitu granular

dengan vesikel terminal, nantinya akan menghasilkan rantai konidia basipetal. Struktur meliputi ukuran, bentuk, struktur dan warna konidia berwarna hitam.

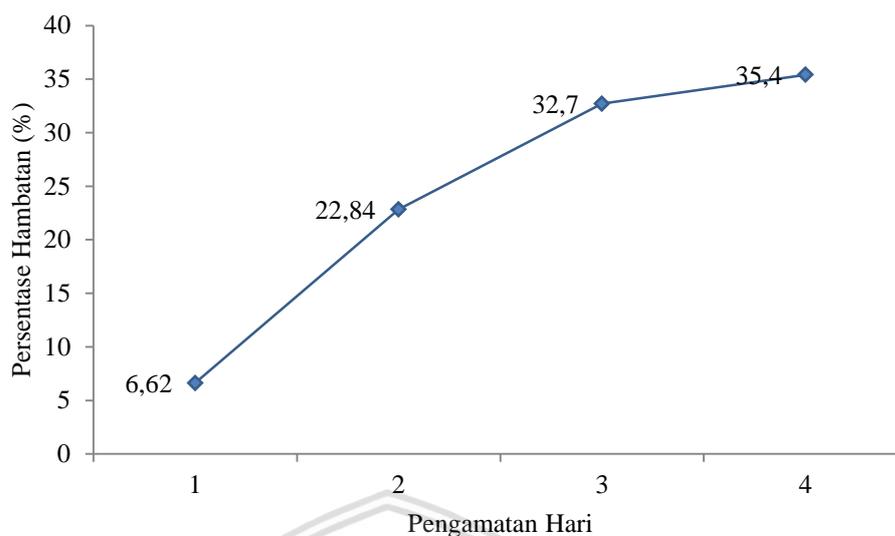
Menurut penelitian Arendi (2017) *Aspergillus* terdapat dimana-mana dan hampir diketahui bisa tumbuh pada semua substrat dan termasuk jamur patogen bersifat saprofit yang banyak ditemukan pada bahan pangan. Sehingga *A. niger* juga merupakan jamur saprofit yang dapat tumbuh pada semua media tumbuh seperti pada media PDA.



Gambar 4. Tahapan perkembangan jamur *A. niger* pada hari (a) ke-3 , (b) ke-4, (c) ke-5 dan (d) ke-6

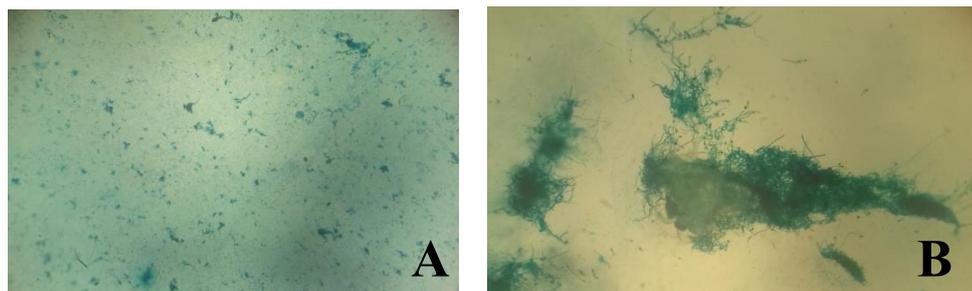
4.3. Perluasan Misselium pada Jamur *T. harzianum* dan *A. niger*

Pengujian kemampuan antagonis antar jamur yang diuji dalam media PDA yang telah dipurifikasi dalam hari setelah inkubasi. Jamur *T.harzianum* dan *A.niger* merupakan jamur antagonis. Indikator jamur antagonis yaitu jamur dapat menghambat perkembangan patogen dengan cara berkompetisi antara nutrisi dan ruang sesuai dengan pernyataan Ajith & Lakshmidivi, (2010) Jamur antagonis mempunyai kemampuan dalam menghambat perkembangan patogen dengan berbagai mekanisme, antara lain melalui kompetisi ruang dan nutrisi, antibiosis dengan menghasilkan antibiotik tertentu berupa senyawa kimia yang mudah menguap (volatile) dan tidak menguap (non volatile). Berikut jamur untuk mengetahui persentase antagonis jamur yang diuji yaitu *T. harzianum* dan *A. niger* sebagai patogen.



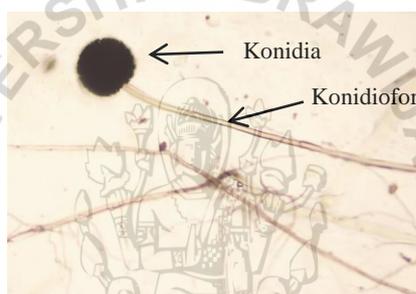
Gambar 5. Daya hambat jamur

Gambar 5 menunjukkan bahwa rata-rata hasil persentase hambatan jamur pada pengamatan hari ke 1 hingga 4 hari setelah inkubasi perkembangan jamur *T. harzianum* dan *A. niger* sangat cepat dan mengalami peningkatan setiap harinya. Pada hari pertama persentase hambatan kedua jamur yaitu 6,62%, hari ke dua 22,84%, hari ke tiga yaitu 32,7% dan pada hari ke empat yaitu 35,4%. Jamur *T.harzianum* dan *A.niger* merupakan jamur antagonis dan tidak saling menghambat. Menurut Sunarwati & Toza (2010) mengategorikan jamur antagonis yang memiliki daya hambat 26 – 50 % termasuk dalam golongan jamur yang memiliki kemampuan antagonis rendah. Jamur yang mampu menghambat pertumbuhan patogen dengan nilai persentase yang tinggi memiliki pertumbuhan yang cepat pada media PDA, sehingga lebih unggul dalam penguasaan ruang dan nutrisi yang terdapat pada media tumbuh PDA, hal ini didukung oleh Sudarma & Suprpta (2011), bahwa mekanisme penghambat jamur *Trichoderma* terhadap jamur patogen yaitu dengan kompetisi hara dan ruang tumbuh, mikroparasitisme serta antibiosis dengan menghasilkan antibiotik. Sifat antagonis muncul dikarenakan terjadi persaingan antara kedua jamur yang tumbuh berdampingan. Persaingan ini terjadi karena masing-masing jamur membutuhkan tempat tumbuh dan nutrisi yang dikandung oleh media PDA. Media PDA banyak mengandung karbohidrat yang berasal dari kentang dan merupakan makanan untuk jamur.



Gambar 6. Viabilitas *T. harzianum* perbesaran (A) 40 x, (B) 80x

Jamur *T. harzianum* memiliki konidia yang berdinding halus, berdasarkan hasil pengamatan isolasi secara mikroskopik dapat dilihat pada gambar 6 yang menunjukkan morfologi *T. harzianum* yang terdiri dari hifa hialin yang bersekat, bercabang, berwarna hijau yang membentuk konidia yang bersel satu dan ada yang berkelompok.



Gambar 7. *Aspergillus niger* perbesaran 100x

Pada Gambar 7 merupakan bentuk spora *Aspergillus* berbentuk bulat dan hyalin dengan konidiofor panjang serta membentuk verikel. Menurut Oktavani (2007), menjelaskan bahwa cendawan *Aspergillus* memiliki ciri morfologi seperti tekstur berbulu dan Vesikel bulat seperti bola, konidiofor dan berberdinding tebal. Hal ini sesuai dengan pernyataan Sriwati *et al* (2013), bahwa jamur *Trichoderma sp* merupakan agen biokontrol yang melawan jamur patogen dan beberapa strain dapat memproduksi antibiotik, memparasit jamur lain serta antagonistik terhadap banyak patogen.

4.4. Pengaruh Penambahan Isolat Jamur Terhadap Dekomposisi Kulit

Kakao

Pengaruh penambahan isolat pada jamur akan berpengaruh terhadap hasil dekomposisi kulit kakao. Pada proses dekomposisi suhu dan kelembaban harus dijaga agar jamur dapat tumbuh dengan baik untuk mendekomposisi kulit kakao. Kulit kakao tergolong susah untuk didekomposisi karena kulit kakao yang tebal dan terdapat enzim selulase dan lignin. Kulit kakao yang sudah didekomposisi akan berpengaruh terhadap sifat kimia yaitu pH, C-organik, N total, C/N ratio.

4.4.1. Suhu Substrat, Intensitas Cahaya dan Kelembaban

Hasil pengukuran suhu yang dilakukan setiap hari Selasa dan Jumat selama tujuh minggu menunjukkan nilai yang berbeda pada setiap perlakuan yang diberikan. Suhu selama dekomposisi substrat pada perlakuan naungan menunjukkan pengaruh yang nyata pada perkembangan jamur. Perlakuan N0 (ternaungi) mengalami peningkatan suhu pada pengamatan minggu ke-6 ($29,9^{\circ}\text{C}$), sedangkan perlakuan N1 (tidak ternaungi) yaitu $32,9^{\circ}\text{C}$. Perlakuan pemberian jamur tidak berpengaruh nyata terhadap naungan. T0 (tanpa pemberian isolat jamur) mengalami kenaikan suhu pada minggu ke-6 ($31,69^{\circ}\text{C}$), sedangkan T1 ($31,20^{\circ}\text{C}$), T2 ($31,23^{\circ}\text{C}$), T3 ($31,35^{\circ}\text{C}$), dan T4 ($31,73^{\circ}\text{C}$) suhu tertinggi terdapat pada minggu ke-6 setelah aplikasi (Tabel 5).

Tabel 2. Hasil rata-rata pengamatan suhu yang dilakukan setiap minggu

Main plot	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
N0	28.5 a	27.9 b	28.6 b	28.0 b	29.2 b	29.9 b	29.4 b
N1	28.1 a	28.9 a	29.9 a	28.8 a	29.8 a	32.9 a	31.5 a
Suplot	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
T0	28.25 a	28.17 b	29.19 a	28.44 a	29.48 a	31.69 a	30.64 a
T1	28.50 a	28.50 ab	29.16 a	28.61 a	29.56 a	31.20 a	30.37 a
T2	28.42 a	28.67 ab	29.55 a	28.40 ab	29.50 a	31.23 a	30.37 a
T3	28.42 a	28.75 a	29.51 a	28.51 a	29.50 a	31.35 a	30.44 a
T4	28.00 a	28.25 ab	29.06 a	28.13 b	29.40 a	31.73 a	30.61 a

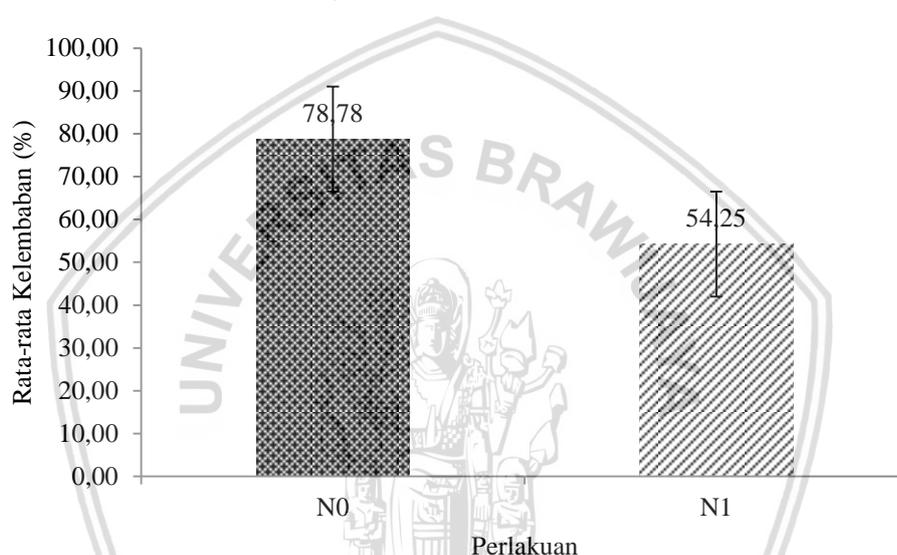
Keterangan: N0 (ternaungi), N1 (tidak ternaungi), T0 (kontrol), T1 (pemberian isolat *T.harzianum*), T2 (pemberian isolat *A.niger*), T3 (konsorsium jamur), T4 (mikroba pendekomposer)

Hasil pengukuran suhu menunjukkan bahwa semua perlakuan berada pada fase mesofilik. Hal ini sesuai dengan pernyataan Nur *et al.*, (2008) bahwa dalam pengomposan aerobik terdapat dua fase suhu yaitu mesofilik (23-45 °C) dan termofilik (45-65 °C). Berdasarkan pernyataan diatas, suhu pada dekomposisi tertinggi pada perlakuan N1 (tidak naungan) sebesar 32,9°C. Suhu yang tidak stabil dan tidak tercapainya fase termofilik (40 – 65 °C) dikarenakan tumpukan bahan yang terlalu rendah akan membuat bahan lebih cepat kehilangan panas, sehingga temperatur yang tinggi tidak dapat tercapai. Ketinggian tumpukan kompos yang baik adalah 1 – 2,2 meter dan tinggi maksimum adalah 1,5 – 1,8 meter. Temperatur yang tinggi pada proses pengomposan sangat penting untuk proses higienisasi, yaitu untuk membunuh bakteri patogen dan bibit gulma, selain untuk memacu proses pengomposan karena pada umumnya proses pengomposan kombinasi suhu termofilik dan mesofilik (Widarti *et al.*, 2015)

Perlakuan pemberian substrat jamur T1 (pemberian *T.harzianum*) suhu mengalami kenaikan setiap minggunya kecuali pada minggu ke-4 mengalami penurunan. Hal ini sesuai dengan pernyataan Agnes dan Agus (2016) *Trichoderma* adalah salah satu jamur tanah yang tersebar luas (kosmopolitan), yang hampir dapat ditemui di lahan-lahan pertanian dan perkebunan. *Trichoderma* bersifat saprofit pada tanah, kayu, dan beberapa jenis bersifat parasit pada jamur lain. *Trichoderma* bersifat kosmopolit, dan dapat diisolasi dari tanah, biji-bijian, kertas, tekstil, rhizomer kentang, gandum, gula bit, rumput, jerami, serta kayu. Memiliki suhu pertumbuhan optimum 15°- 30° (35°C) dan maksimum 30° – 36° C. Widarti *et al.*, (2015) menyatakan bahwa semakin tinggi temperatur akan semakin banyak konsumsi oksigen dan akan semakin cepat pula proses dekomposisi substrat. Pada penelitian ini tidak terjadinya peningkatan suhu hingga batas ideal (45-65 °C) disebabkan oleh beberapa hal seperti kurangnya jumlah tumpukan bahan yang dikomposkan dan cara pengendalian suhu selama proses pengomposan.

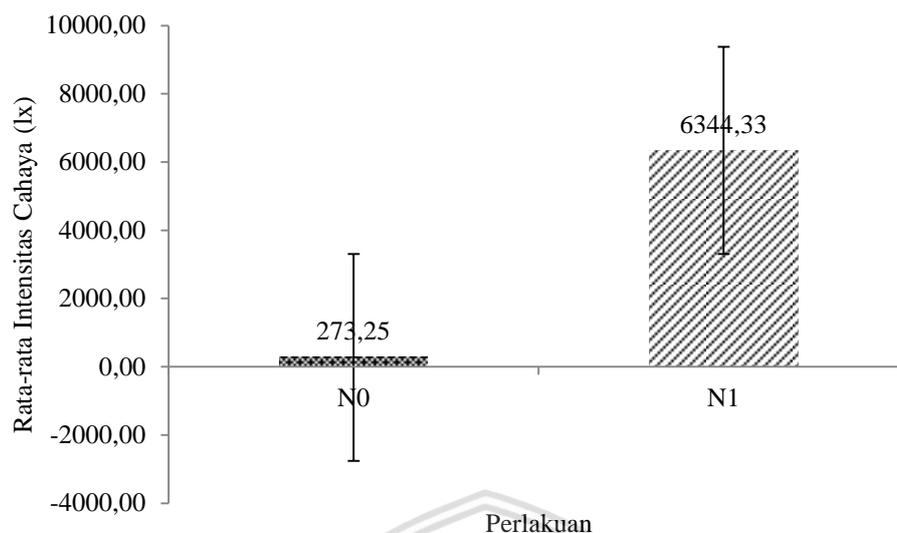
Kelembaban merupakan komponen yang penting dalam proses dekomposisi, semakin tinggi kelembaban proses dekomposisi semakin berjalan

dengan baik. Semakin tinggi temperatur, akan semakin banyak konsumsi oksigen dan akan semakin cepat pula proses dekomposisi. Pada perlakuan N0 (ternaungi) yaitu 78,78% sedangkan untuk perlakuan N1 (tidak ternaungi) yaitu 54,25. Kelembaban optimum untuk pengomposan aerob antara 50-60%, apabila lebih rendah dari 50%, maka pengomposan akan berlangsung lebih lambat, apabila kelembaban lebih besar dari 60%, hara akan tercuci, volume udara berkurang, akibatnya aktivitas mikroba akan menurun dan akan terjadi fermentasi anaerobik yang menimbulkan bau tidak sedap (Nita, 2011). Dibawah ini merupakan grafik kelembaban dan intensitas cahaya.



Keterangan. N0 (naungan); N1 (perlakuan tidak ternaungi)

Gambar 8. Rata-rata Kelembaban pada Proses Dekomposisi



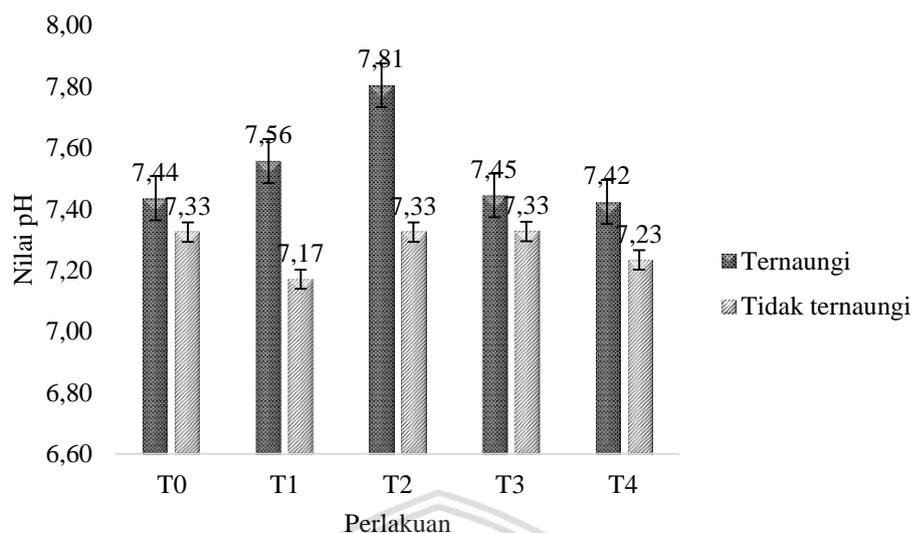
Keterangan. N0 (naungan); N1 (perlakuan tidak ternaungi)

Gambar 9. Rata-rata Intensitas Cahaya

4.4.2. pH H₂O

pH merupakan suatu karekeristik yang penting dalam proses pengomposan. Kondisi pH selama proses pengomposan harus dijaga agar kondisinya tetap stabil. Gambar 10 menunjukkan bahwa perlakuan ternaungi: perlakuan kontrol, pemberian jamur *T.harzianum*, pemberian jamur *A.niger*, pemberian jamur *T.harzianum* + *A.niger* dan pemberian mikroba dekomposer masing-masing memiliki rata-rata pH 7,43; 7,55; 7,80; 7,44 dan 7,42.

Perlakuan tidak ternaungi: pemberian jamur *T.harzianum*, pemberian jamur *A.niger*, pemberian jamur *T.harzianum* + *A.niger* dan pemberian mikroba dekomposer masing-masing memiliki rata-rata pH 7,32; 7,17; 7,32; 7,32 dan 7,23. Gambar 10 menunjukkan rata-rata nilai pH setiap perlakuan.



Keterangan. T0 (kontrol); T1 (kulit kakao dengan aktivator isolat jamur *T.harzianum*); T2 (kulit kakao dengan aktivator isolat jamur *A.niger*); T3 (kulit kakao dengan aktivator *T.harzianum* dan *A.niger*); T4 (kulit kakao dengan mikroba pendekomposer)

Gambar 10. Rata-rata Derajat Keasaman (pH) Setelah Dekomposisi

Berdasarkan analisis dapat diketahui bahwa perlakuan pemberian jamur *T.harzianum* dan tidak ternaungi memiliki rata-rata pH yang paling rendah, sedangkan perlakuan pemberian jamur *A.niger* dan ternaungi memiliki rata-rata pH yang paling tinggi.

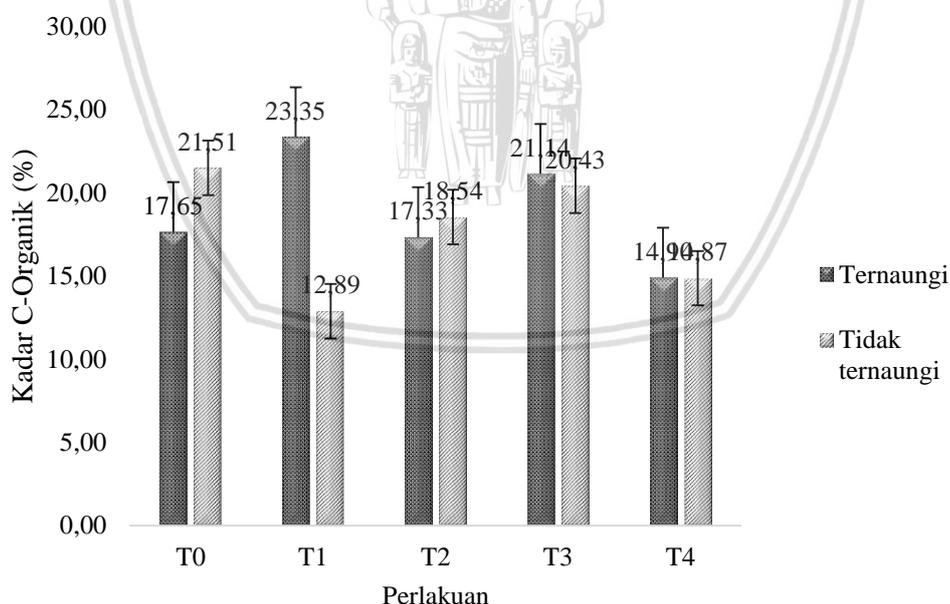
Kisaran pH pengamatan yang masuk kedalam kategori netral masih termasuk ideal dalam proses pengomposan. Kisaran pH kompos yang optimal menurut Agnes dan Tutik (2006) adalah 6,0-8,0. Jika pH terlalu tinggi atau terlalu basa, konsumsi oksigen akan naik dan akan memberikan hasil yang buruk bagi lingkungan, selain itu pH yang tinggi juga akan menyebabkan unsur nitrogen dalam bahan kompos berubah menjadi amonia (NH_3). Oleh karena itu nilai pH harus tetap dipertahankan agar mendapatkan kecepatan pengomposan yang optimum. Nilai pH pada awal pengomposan yaitu 6,6 yang pada akhir proses pengomposan menjadi naik menurut Ismayana *et al.*, (2012) peningkatan nilai pH menunjukkan bahwa perombakan bahan organik senyawa karbon menjadi asam organik tidak lagi menjadi proses yang dominan dan telah terjadi pembentukan senyawa ammonium yang dapat meningkatkan nilai pH. pH awal kompos asam kemudian meningkat dikarenakan adanya aktivitas mikroorganisme jamur yang sudah diaplikasikan hal ini sesuai menurut Supadma & Arthagama (2008) pola pada

perubahan pH kompos berawal dari pH agak asam karena terbentuknya asam-asam organik sederhana, kemudian pH meningkat pada inkubasi lebih lanjut akibat terurainya protein dan terjadi pelepasan amonia. Perubahan pH menunjukkan adanya aktivitas mikroorganisme dalam mendegradasi bahan organik (Ismayana *et al*, 2012).

4.4.3. C-Organik

C-organik merupakan komponen yang penting dalam pengomposan. Gambar 11 menunjukkan bahwa untuk hasil ternaungi: perlakuan kontrol, pemberian jamur *T.harzianum*, pemberian jamur *A.niger*, pemberian jamur *T.harzianum* + *A.niger* dan pemberian mikroba dekomposer masing-masing menghasilkan C-organik sebesar 17,65%, 23,35%, 17,33%, 21,14% dan 14,90%.

Perlakuan untuk hasil tidak ternaungi: perlakuan kontrol, perlakuan kontrol, pemberian jamur *T.harzianum*, pemberian jamur *A.niger*, pemberian jamur *T.harzianum* + *A.niger* dan pemberian mikroba dekomposer masing-masing menghasilkan C-organik sebesar 21,51%, 12,89%, 18,53%, 20,43% dan 14,87%.



Keterangan. T0 (kontrol); T1 (kulit kakao dengan aktivator isolat jamur *T.harzianum*); T2 (kulit kakao dengan aktivator isolat jamur *A.niger*); T3 (kulit kakao dengan aktivator *T.harzianum* dan *A.niger*); T4 (kulit kakao dengan mikroba pendekomposer)

Gambar 11. Kadar C-Organik substrat pada Akhir Dekomposisi

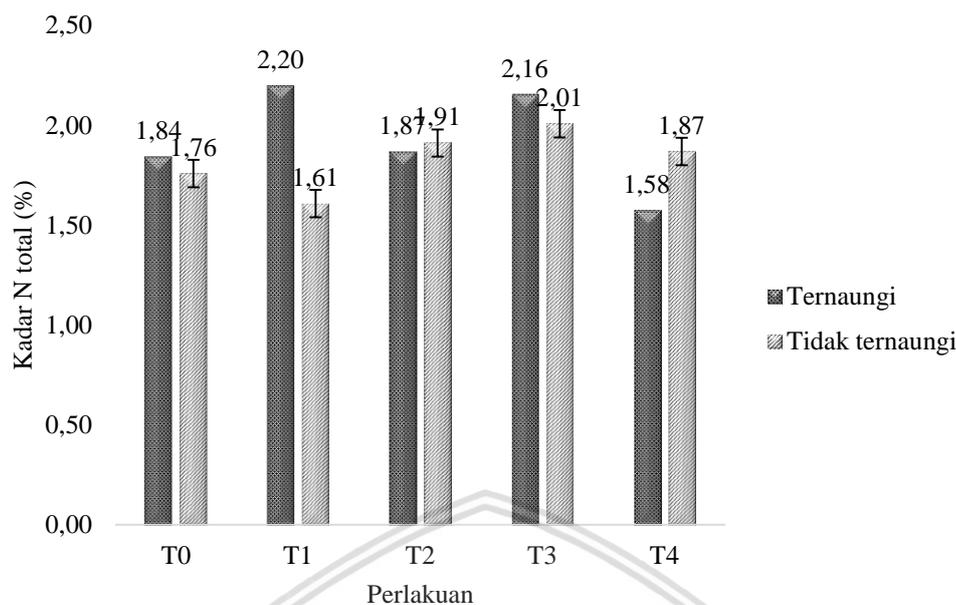
Berdasarkan analisis dapat diketahui bahwa perlakuan pemberian jamur *T. harzianum* dan tidak ternaungi memiliki rata-rata C-organik yang paling rendah, sedangkan perlakuan pemberian jamur *T. harzianum* dan ternaungi memiliki rata-rata C-organik yang paling tinggi.

Proses dekomposisi ditandai dengan semakin menurunnya kandungan C-organik pada substrat kulit kakao. Nilai C-organik awal yaitu 26,61% dan setelah didekomposisi terjadi penurunan kandungan C-organik. Hal ini sesuai dengan pendapat Pandebesie (2012) kadar C-Organik dalam proses pengomposan terjadi karena karbon digunakan oleh mikroba sebagai sumber energi untuk mendegradasi bahan organik. Selama proses pengomposan, CO² akan menguap sehingga kadar karbon akan berkurang juga. Analisis C-organik yang didapatkan secara keseluruhan sesuai dengan persyaratan teknis minimal pupuk organik dimana nilai C(%) > 6% menurut Peraturan Menteri Pertanian No. 70 Tahun 2011.

4.4.4. N Total

Aplikasi isolat jamur sebagai aktivator dalam pengomposan kulit kakao tidak berpengaruh nyata pada kadar N total bahan diakhir dekomposisi masing-masing perlakuan. Nitrogen merupakan hara makro utama yang sangat penting untuk pertumbuhan tanaman. Nitrogen berperan penting dalam merangsang pertumbuhan vegetatif dari tanaman. Gambar 12 menunjukkan bahwa untuk perlakuan ternaungi: perlakuan kontrol, pemberian jamur *T.harzianum*, pemberian jamur *A.niger*, pemberian jamur *T.harzianum* + *A.niger* dan pemberian mikroba dekomposer masing-masing menghasilkan N total sebesar 1,84%, 2,19%, 1,86%, 2,15%, dan 1,57%.

Perlakuan tidak ternaungi: perlakuan kontrol, pemberian jamur *T.harzianum*, pemberian jamur *A.niger*, pemberian jamur *T.harzianum* + *A.niger* dan pemberian mikroba dekomposer masing-masing menghasilkan N total sebesar 1,75%, 1,61%, 1,91%, 2,01%, dan 1,86%.



Keterangan: T0 (kontrol); T1 (kulit kakao dengan aktivator isolat jamur *T.harzianum*); T2 (kulit kakao dengan aktivator isolat jamur *A.niger*); T3 (kulit kakao dengan aktivator *T.harzianum* dan *A.niger*); T4 (kulit kakao dengan mikroba pendekomposer)

Gambar 12. Kadar N total Substrat pada Akhir Dekomposisi

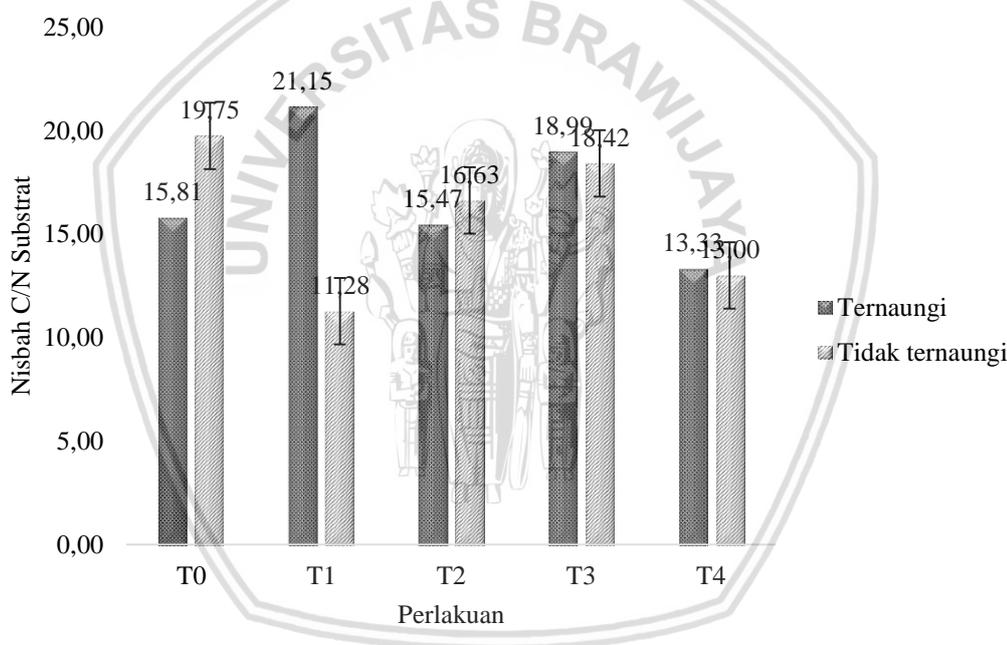
Berdasarkan analisis dapat diketahui bahwa perlakuan pemberian mikroba dekomposer dan ternaungi memiliki rata-rata N total yang paling rendah, sedangkan perlakuan pemberian jamur *T. harzianum* dan ternaungi memiliki rata-rata N total yang paling tinggi. kandungan nitrogen total pada variasi kompos sudah memenuhi SNI yang ditetapkan yaitu $>0,4\%$ (kadar minimal sebesar $0,4\%$).

Setiap perlakuan mengalami peningkatan kadar N total pada akhir dekomposisi. Nilai N total pada awal pengomposan yaitu $0,9\%$. Peningkatan kadar N dikarenakan nitrogen (N) yang bersifat fluktuatif. Secara keseluruhan kadar nitrogen pada kompos matang masing-masing komposter mengalami peningkatan (Widarti *et al.*, 2015). Nitrogen digunakan oleh mikroorganisme sebagai sumber makanan untuk membentuk sel-sel baru. Mikroorganisme menguraikan protein dan bahan organik yang mengandung nitrogen lainnya dan terjadi pelepasan ammonia (Mirwan, 2012).

4.4.5. C/N Ratio

Nilai C/N Ratio pada per perlakuan memiliki nilai yang berbeda dan mengalami penurunan dari nilai C/N Ratio sebelum pengomposan. Gambar 13 menunjukkan bahwa hasil ternaungi: perlakuan kontrol, pemberian jamur *T.harzianum*, pemberian jamur *A.niger*, pemberian jamur *T.harzianum* + *A.niger* dan pemberian mikroba dekomposer masing-masing menghasilkan C/N ratio 15,81; 21,15; 15,47; 18,99 dan 13,33.

Hasil tidak ternaungi: perlakuan kontrol, pemberian jamur *T.harzianum*, pemberian jamur *A.niger*, pemberian jamur *T.harzianum* + *A.niger* dan pemberian mikroba dekomposer masing-masing menghasilkan C/N ratio sebesar 19,75; 11,28; 16,63; 18,42 dan 13,00.



Keterangan: T0 (kontrol); T1 (kulit kakao dengan aktivator isolat jamur *T.harzianum*); T2 (kulit kakao dengan aktivator isolat jamur *A.niger*); T3 (kulit kakao dengan aktivator *T.harzianum* dan *A.niger*); T4 (kulit kakao dengan mikroba pendekomposer)

Gambar 13. Nilai Nisbah C/N Substrat Akhir Dekomposisi

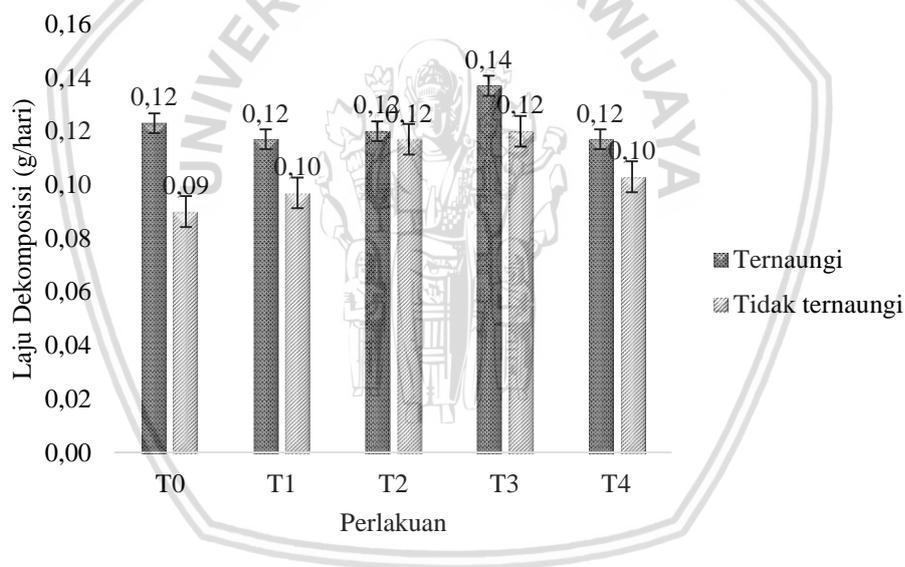
Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa limbah kulit kakao tidak berbeda nyata terhadap nilai C/N kompos, walaupun tidak berpengaruh nyata, akan tetapi perbandingan C/N ratio semua perlakuan sudah termasuk standart C/N ratio pengomposan yaitu menurut SNI 19-7030-2004 yaitu 10-20. Hal ini menunjukkan bahwa kualitas kompos untuk semua kombinasi perlakuan yang ada sangat baik

dan ideal. Perlakuan pemberian jamur *T. harzianum* dan tidak ternaungi memiliki rata-rata C/N ratio yang paling rendah, hal ini menunjukkan bahwa bahan organik sudah terdekomposisi dengan baik. Menurut Ismayana., *et al* (2014) nilai rasio C/N menunjukkan penurunan selama proses pengomposan, sebagai akibat penguraian senyawa karbon organik dan perubahan senyawa nitrogen yang terdapat pada bahan kompos, sedangkan perlakuan pemberian jamur *T. harzianum* dan ternaungi memiliki rata-rata C/N ratio yang paling tinggi, tidak jauh berbeda dengan perlakuan sebelum aplikasi yang mempunyai nilai 25,68 yang menunjukkan bahwa proses dekomposisi belum berjalan dengan sempurna. Hal ini sesuai dengan pernyataan Tantri *et al*, (2016) semakin tinggi C/N rasio berarti kompos belum terurai dengan sempurna atau dengan kata lain belum matang dan belum siap dijual atau dipakai sebagai pupuk. Rasio C/N akan mempengaruhi ketersediaan unsur hara, jika C/N rasio tinggi maka kandungan unsur hara sedikit tersedia untuk tanaman, sebaliknya jika C/N rasio rendah maka ketersediaan unsur hara tinggi dan tersedia bagi tanaman. Pada saat proses pengomposan terjadi pelapukan bahan organik yang diakibatkan mikroorganisme hal ini sesuai dengan pernyataan Baroroh *et., al* (2015) Selama proses pengomposan terjadi pelapukan bahan organik, CO² banyak di bebaskan, sedangkan N tidak, sehingga rasio C/N menjadi turun. Proses ini berlangsung terus sehingga terbentuk humus. Proses penguraian bahan organik sehingga terbentuk humus disebut humifikasi.

4.4.6. Laju Dekomposisi dan Kondisi Fisik Substrat

Laju dekomposisi substrat menunjukkan hasil yang berbeda pada setiap perlakuannya hal ini dapat dilihat pada Gambar 15 menunjukkan bahwa hasil ternaungi: perlakuan kontrol, pemberian jamur *T.harzianum*, pemberian jamur *A.niger*, pemberian jamur *T.harzianum* + *A.niger* dan pemberian mikroba dekomposer masing-masing memiliki laju dekomposisi sebesar 0,12g, 0,12g, 0,12g, 0,14g, dan 0,12g.

Perlakuan tidak ternaungi: perlakuan kontrol, pemberian jamur *T.harzianum*, pemberian jamur *A.niger*, pemberian jamur *T.harzianum* + *A.niger* dan pemberian mikroba dekomposer masing-masing memiliki laju dekomposisi 0,09g, 0,10g, 0,12g, 0,12g dan 0,10g.



Keterangan: T0 (kontrol); T1 (kulit kakao dengan aktivator isolat jamur *T.harzianum*); T2 (kulit kakao dengan aktivator isolat jamur *A.niger*); T3 (kulit kakao dengan aktivator *T.harzianum* dan *A.niger*); T4 (kulit kakao dengan mikroba pendekomposer)

Gambar 14. Laju Dekomposisi Substrat

Berdasarkan analisis dapat diketahui bahwa perlakuan kontrol dan tidak ternaungi memiliki rata-rata laju dekomposisi yang paling rendah, sedangkan perlakuan pemberian jamur *T. harzianum* + *A. niger* dan ternaungi memiliki rata-rata laju dekomposisi yang paling tinggi.

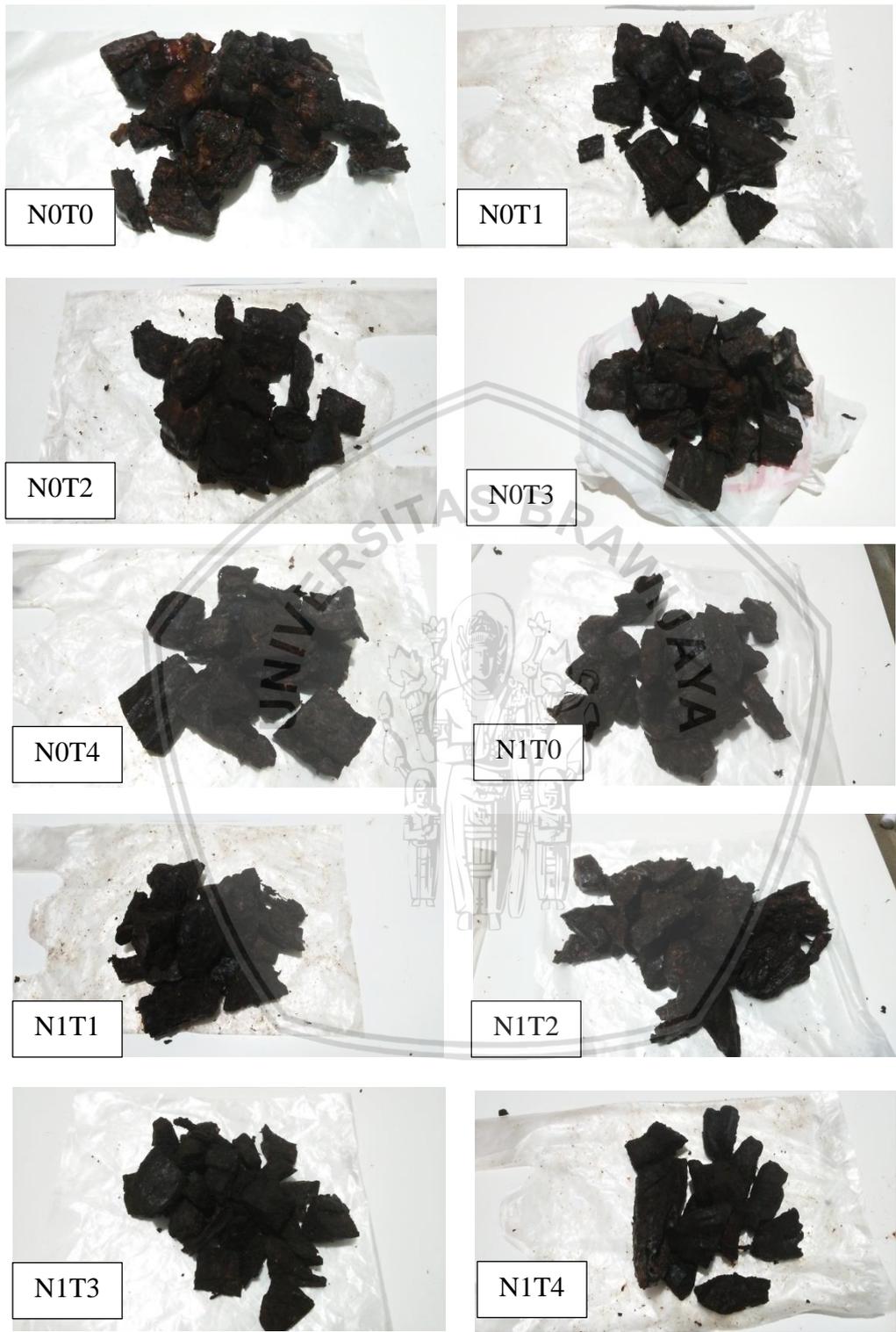
Kondisi substrat selama proses dekomposisi tidak mengalami perubahan bentuk yang signifikan. Proses pengomposan ini sangat tergantung pada ukuran



partikel dan komposisi bahan serta peran aktif mikroorganisme pendekomposer. Selain itu efektivitas kerja mikroorganisme ini juga sangat tergantung dari ketersediaan makanan untuk mereka beraktivitas (Muslim *et al*, 2012). Pengamatan yang dilakukan secara visual pada masing-masing perlakuan menunjukkan warna yang sama. Hal ini disebabkan karena waktu pengomposan yang kurang lama sehingga kompos yang dihasilkan kurang matang. Kompos yang sudah matang mempunyai ciri-ciri bentuk yang hancur dan berwarna seperti tanah. Sehingga proses pengomposan masih perlu dilakukan. Ideal waktu pengomposan yaitu alami untuk menghasilkan produk kompos yang matang memakan waktu sampai enam bulan, dengan demikian proses pengomposan ini semakin lama semakin baik (Muslim *et al*, 2012). Sifat fisik bahan kompos yang sudah matang menampilkan warna coklat kehitaman pada bahan dan bau mendekati bau tanah.

Tabel 3. Kondisi Fisik Substrat pada Akhir Pengomposan

Perlakuan	Warna	Bentuk
N0T0	Coklat	Kasar (tetap)
N0T1	Coklat Kehitaman	Kasar
N0T2	Coklat Kehitaman	Kasar
N0T3	Coklat Kehitaman	Kasar
N0T4	Coklat Kehitaman	Kasar
N1T0	Coklat	Kasar (tetap)
N1T1	Coklat Kehitaman	Kasar
N1T2	Coklat Kehitaman	Kasar
N1T3	Coklat Kehitaman	Kasar
N1T4	Coklat Kehitaman	Kasar



Gambar 15. Kondisi Fisik Substrat pada Akhir Dekomposisi



5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

1. Semua isolat jamur yang mampu mendekomposisi limbah kulit kakao, ditunjukkan dengan adanya aktivitas selama proses dekomposisi kulit kakao. Perlakuan jamur konsorsium jamur *T. harzianum* dan *A. niger* dengan perlakuan tidak ternaungi mampu mendekomposisi limbah kulit kakao dengan laju dekomposisi yang tinggi dengan perlakuan lainnya yaitu sebesar 0,14 g/hari .
2. Hasil isolasi jamur *T. harzianum* dan *A. niger* dikembangkan dengan menggunakan media PDA (*Potato Dextrose Agar*). *T. harzianum* dan *A. niger* merupakan jamur antagonis yang dapat mendekomposisi limbah kulit kakao.

5.2. Saran

1. Perlu dilakukan penambahan jumlah kulit kakao agar proses dekomposisi lebih sempurna.
2. Perlu dilakukan penambahan waktu dekomposisi.

5.3. Implementasi

Diharapkan petani menggunakan pupuk dari limbah kulit kakao agar dapat mengurangi pemakaian pupuk kimia. Pupuk dari limbah kulit kakao yang ditambahkan dengan jamur *T.harzianum* dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman kakao dengan dosis 25g/250 mL isolat jamur dalam media jagung.

DAFTAR PUSTAKA

- Agbeniyi. S.O., K.A. Oluyole and M.O. Ogunlade. 2011. Impact of cocoa pod husk fertilizer on cocoa production in Nigeria. *World Journal of Agricultural Sciences* 7(2) : 113-116.
- Ajith, P.S., & Lakshmidivi, N. 2010. Effect of volatile and nonvolatile compounds from *Trichoderma* spp. against *Colletotrichum capsici* incitant of anthracnose on bell peppers. *Nature and Science*, 8(9), 265–269.
- Amaria, B. Taufiq, E. Harni, R. 2013. Seleksi dan Identifikasi Jamur Antagonis Sebagai Agens Hayati Jamur Akar Putri (*Rigidoporus microporus*) pada Tanaman Karet. *Buletin RISTR* 4(1): 55 - 64
- Andrianto, F., A. Bintoro, dan S. B Yuwono. 2015. Produksi dan Laju Dekomposisi seresah mangrove (*Rhizophora sp.*) di desa durian dan desa batu manyan kecamatan padang cermin kabupaten pesawaran. *Jurnal sylvia lestari*. 3(1): 9 - 20
- Andrias, D.D, Syekhfani dan Nuraini Y. 2015. Pengaruh *Aspergillus niger* dan Pupuk Kandang Ayam Bloiler terhadap Ketersediaan dan Serapan P Serta Pertumbuhan Jagung Pada Andisol Cangar. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*. 2(1): 163 – 165.
- Baroroh, A. Setyono, P. Setyaningsih, R. 2015. Analisis Kandungan Unsur Hara Makro dalam Kompos dari Seresah Daun Bambu dan Limbah Padat Pabrik Gula (blotong). *Bioteknologi* 12(2): 46 – 51
- Carlile, M.J and S.C. Watkinson. 1995. *The Fungi*. Academic Press. San Diego
- Direktorat jenderal perkebunan. 2015 – 2017. *Statistik perkebunan indonesia-Kakao*. Direktorat jenderal perkebunan. Jakarta.
- Fardiaz. S. 1989. *Mikrobiologi Pangan*. PAU IPB dengan LSI IPR. Bogor.
- Fitrianti. 2016. Efektivitas Isolat Jamur Pelapuk dan Mikroorganisme Lokal Dalam Menguraikan Limbah Kulit Kakao. *AGROVITAL*. Universitas Al Asyariah. *Mandar* 1(1):9
- Ganjar, I., Wellyzar, S dan O. Ariyani. 2006. *Mikologi Dasar dan Terapan*. Yayasan Obor Indonesia. Jakarta.
- Graves. Robert E., Hattemer. Gwendolyn M., Donald Stettler. James N. Krider. dan Dana Chapman. (2000). *Environmental Engineering National Engineering Handbook*. United States Department of Agriculture. Washington.
- Gusnawaty HS. Asniah. Taufik Muhammad. Faulika. 2013. Uji Potensi *Trichoderma* Indigenous Sulawesi Tenggara Sebagai Biofungsi

- Terhadap *Phytophthora capsici* Secara In-Vitro. Jurnal Agroteknos. Fakultas Pertanian. Universitas Halu Oleo. Kendari 3(3):140
- Gusnawaty, HS., Taufik, M, Bande, la Ode. S., & Asis, A. 2017. Efektivitas Beberapa Media untuk Perbanyakkan Agen Hayati *Trichoderma* sp. FP Universitas Hulu Oleo, Kendari. J. HPT Tropika 17(1):70-76
- Harman. G.E.. Charles. R.H.. Viterbo. A.. Chet. I. and Lorito. M. 2004. *Trichoderma* species opportunistic. avirulent plant symbionts. Journal Nature Rev 2:43-54
- Irianti, P. T. A dan Suyanto , A. 2016. Pemanfaatan Jamur *Trichoderma* sp Dan *Aspergillus* sp Sebagai Dekomposer Pada Pengomposan Jerami Padi. Jurnal Agrosains 13(2)
- Ismayana, A. Indrasti S, W. Suprihatin. Maddu, A dan Fredy, A. 2012. Faktor Rasio C/N Awal dan Laju Aerasi pada Proses Co-Composting Bagasse dan Blotong. Jurnal Teknologi Industri Pertanian 22(3): 173 – 179.
- Kusumawati, Nita. 2011. Evaluasi Perubahan Temperatur, pH dan Kelembaban Media pada Pembuatan Vermikompos dari Campuran Jerami Padi dan Kotoran Sapi Menggunakan *Lumbricus rubellus*. Inotek 5(1).
- Mirwan, M. 2012. Optimasi Pengomposan Sampah Kebun dengan Variasi Aerasi dan Penambahan Kotoran Sapi Sebagai Bioaktivator. Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan, 4(1)
- Mizana.K.D. Suharti. N. Amir A. 2016. Identifikasi Pertumbuhan Jamur *Aspergillus* Sp pada Roti Tawar yang dijual di kota padang berdasarkan suhu dan lama penyimpanan. Jurnal Kesehatan Andalas. Padang. Vol. 5(2)
- Muslim, Muyassir dan Alvisyahrin, T. 2012. Kelembaban Limbah Kulit Kakao dan Takarannya Terhadap Kualitas Kompos dengan Sistem Pembenanam. Jurnal Manajemen Sumberdaya Lahan 1(1): 86 – 93
- Nur, H.S., A. Meryandini., dan Hamim. 2008. Pemanfaatan Bakteri Selulolitik dan Xilanolitik yang Potensial untuk Dekomposisi Jerami Padi. jurnal. Tanah Tropika. 14(1): 71-80
- Oktaviani, Z. 2007. Isolasi, Identifikasi, Patogenisitas dan Proses Kolonisasi Cendawan Entomopatogen pada Larva Nyamuk *Aedes aegypti*. Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Pandebesie, E. S., Rayuanti, D. 2013. Pengaruh Penambahan Sekam pada Proses Pengomposan Sampah Domestik. Jurnal Lingkungan Tropis 6(1):31-40
- Prabowo AKE, Prihatiningsih N, & Soesanto L. 2006. Potensi *Trichoderma harzianum* dalam mengendalikan sembilan isolat *Fusarium oxysporum* Schelecht.f.sp.zingiberi trijillo pada kencur. J. Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia. 8(2): 76–84
- Setyorini, D . Saraswati, R dan Anwar. 2006. Kompos dalam Pupuk Organik dan Hayati. BBSDLP-Badan Litbang Pertanian 11-40

- Sriwati, R. Chamzurni, T. Bukhari dan Sanjani, A. 2013. *Trichoderma virens* Isolated From Cocoa Plantation In Aceh As Biodecomposer Cocoa Pod Husk. *Jurnal Natural* 13(1) 6 – 11
- Sudarma, IM & Suprpta, DN, 2011, 'Potensi Jamur Antagonis yang Berasal Dari Habitat Tanaman Pisang Dengan dan Tanpa Gejala Layu Fusarium Untuk Mengendalikan *Fusarium oxysprumf.sp.cubense* Secara In Vitro', *The Excellence Research* Universitas Udayana, hal. 161-166, diakses pada 10 Maret 2018, <http://lppm.unud.ac.id/wpcontent/uploads/Potensi--Jamur-Antagonisyang-berasal-dari-habitat-tanaman-pisangoleh-MadeSudarma.pdf>
- Sunarwati, D & Yoza, 2010, 'Kemampuan *Trichoderma* dan *Penicillium* Dalam Menghambat Pertumbuhan Cendawan Penyebab Penyakit Busuk Akar Durian (*Phytophthora palmivora*) Secara In Vitro', *Seminar Nasional Program dan Strategi Pengembangan Buah Nusantara Balai Penelitian Tanaman Buah Tropika*, hal. 176-189, diakses pada 4 Maret 2018, <http://balitbu.litbang.pertanian.go.id/ind/im ages/filepdf/26.pdf>
- Supadma, A. A. N., & D. M. Arthagama. (2008). Uji Formulasi Kualitas Pupuk Kompos yang Bersumber dari Sampah Organik dengan Penambahan Limbah Ternak Ayam, Sapi, Babi, dan Tanaman Pahitan. *Jurnal Bumi Lestari*, 8(2): 113-121.
- Tantri, T. P. T. N, Supadma, N. A. A, dan Arthagama, I. D. M. 2016. Uji Kualitas Beberapa Pupuk Kompos yang Beredar di Kota Denpasar. *E-Jurnal Agroekoteknologi Tropika* 5(1)
- Taufik. M. 2010. Uji Efektivitas jamur antagonis *Trichoderma* Sp. dan *Gliocladium* Sp. untuk mengendalikan penyakit lanas (*Phytophthora Nicotianae*) pada tanaman tembakau deli (*Nicotiana Tabaccum L.*). *Agroteknologi* 1(4): 23376597
- Trautmann. Nancy. (2001). *Cornell Composting: The Science and Engineering of Composting*. Cornell University. New York.
- Widarti. N. B. Wardhini. K. W. Sarwono. E. 2015. Pengaruh Rasio C/N Bahan Baku pada Pembuatan Kompos Dari Kubis Dan Kulit Pisang. *Jurnal Integrasi Proses. Program Studi Teknik Lingkungan. Fakultas Teknik. Samarinda* 5(2):77
- Winarsih. S dan Syafrudin. 2001. Pengaruh Pemberian *Trichoderma viridae* dan Sekam Padi Terhadap Penyakit Rebah Kecambah Di Persemaian Cabai. *Jurnal Ilmu -Ilmu Pertanian* 3(1):49 -55
- Wulan, N.S. 2001. Kemungkinan Pemanfaatan Limbah Kulit Buah Kakao (*Theobroma cacao. L*) Sebagai Sumber Zat Pewarna (β -KAROTEN) .*Jurnal Teknologi Pertanian. Universitas Brawijaya. Malang* 2(2):23

LAMPIRAN

Lampiran 1. Rumus Laju Dekomposisi Olson (Andrianto, 2015)

$$R = \frac{W_0 - W_t}{t}$$

Keterangan:

Wt : Massa tersisa substrat (g)

W0 : Massa awal substrat (g)

T : Periode pengamatan

R : Laju dekomposisi

Lampiran 2. Pembuatan Media PDA (Potato Dextrose Agar)

Bahan	Ukuran
Kentang	200 gram
Agar	19 gram
Dextrose	20 gram

Lampiran 3. Sidik Ragam Hasil Analisis Uji Antagonis beberapa Jamur

SK	DB	JK	KT	F.hit	F.tabel
Ulangan	3	956,8707	318,9569	1,732725 ^{tn}	4,757063
Perlakuan	2	4518,315	2259,158	12,27281 ^{**}	5,143253
Galat	6	1104,469	184,0782		
Total	11	6579,656			

Keterangan: ** sangat nyata*= nyata pada taraf 5%, tn= tidak nyata pada uji BNT 5%

Lampiran 4. Sidik Radam Pengaruh Aplikasi Isolat Jamur Asal Kulit Kakao terhadap pH Kompos pada Akhir Pengomposan

SK	DB	JK	KT	F-hit	Sig.
Ulangan	2	0.126	0.063	0.735	0.576
Petak Utama (Naungan)	1	0.496	0.496	5.799	0.138
Galat Petak Utama	2	0.171	0.086		
Anak Petak (Pemberian Jamur)	4	0.205	0.051	1.168	0.362
Interaksi (Naungan dengan Pemberian Jamur)	4	0.167	0.042	0.952	0.460
Galat	16	0.702	0.044		
Total	29	1.867			

Keterangan: ** sangat nyata*= nyata pada taraf 5%, tn= tidak nyata pada uji BNT 5%

Lampiran 5. Sidik Radam Pengaruh Aplikasi Isolat Jamur Asal Kulit Kakao terhadap C-Organik Kompos pada Akhir Pengomposan

SK	DB	JK	KT	F-hit	Sig.
Ulangan	2	83.336	41.683	0.569	0.637
Petak Utama (Naungan)	1	11.335	11.35	0.155	0.732
Galat Petak Utama	2	146.389	73.195		
Anak Petak (Pemberian Jamur)	4	117.750	29.438	1.623	0.217
Interaksi (Naungan dengan Pemberian Jamur)	4	178.115	44.529	2.455	0.088
Galat Total	16	290.263	18.141		
	29	827.218			

Keterangan: ** sangat nyata*= nyata pada taraf 5%, tn= tidak nyata pada uji BNT 5%

Lampiran 6. Sidik Radam Pengaruh Aplikasi Isolat Jamur Asal Kulit Kakao terhadap N total Kompos pada Akhir Pengomposan

SK	DB	JK	KT	F-hit	Sig.
Ulangan	2	1.129	0.564	2.438	0.291
Petak Utama (Naungan)	1	0.070	0.070	0.303	0.637
Galat Petak Utama	2	0.463	0.231		
Anak Petak (Pemberian Jamur)	4	0.435	0.109	0.640	0.642
Interaksi (Naungan dengan Pemberian Jamur)	4	0.626	0.157	0.922	0.475
Galat Total	16	2.717	0.170		
	29	5.440			

Keterangan: ** sangat nyata*= nyata pada taraf 5%, tn= tidak nyata pada uji BNT 5%

Lampiran 7. Sidik Radam Pengaruh Aplikasi Isolat Jamur Asal Kulit Kakao terhadap C/N Ratio pada Akhir Pengomposan

SK	DB	JK	KT	F-hitung	Sig.
Ulangan	2	66.880	33.440	0.497	0.668
Petak Utama (Naungan)	1	9.662	9.662	0.143	0.742
Galat Petak Utama	2	134.606	67.303		
Anak Petak (Pemberian Jamur)	4	107.024	26.756	1.719	0.195
Interaksi (Naungan dengan Pemberian Jamur)	4	162.530	40.663	2.611	0.075
Galat	16	249.012	15.563		
Total	29	729.674			

Keterangan: ** sangat nyata*= nyata pada taraf 5%, tn= tidak nyata pada uji BNT 5%

Lampiran 8. Sidik Radam Pengaruh Aplikasi Isolat Jamur Asal Kulit Kakao terhadap Laju Dekomposisi pada Akhir Pengomposan

SK	DB	JK	KT	F-hitung	Sig.
Ulangan	2	0.001	0.000	0.474	0.679
Petak Utama (Naungan)	1	0.002	0.002	2.737	0.240
Galat Petak Utama	2	0.002	0.001		
Anak Petak (Pemberian Jamur)	4	0.002	0.001	1.338	0.299
Interaksi (Naungan dengan Pemberian Jamur)	4	0.001	0.000	0.457	0.766
Galat	16	0.006	0.000		
Total	29	0.014			

Keterangan: ** sangat nyata*= nyata pada taraf 5%, tn= tidak nyata pada uji BNT 5%

Lampiran 9. Dokumentasi



Pengambilan sampel tanah



Penimbangan sampel tanah



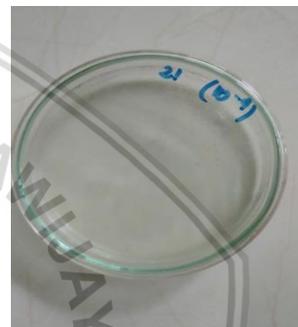
Pengenceran sampel tanah



Isolasi jamur dengan menggunakan media PDA



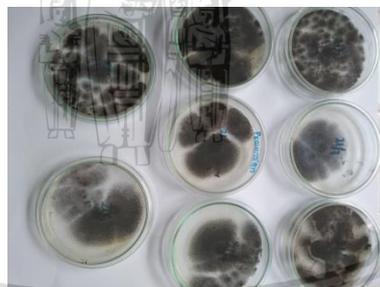
Hasil pengenceran 10^{-3}



Hasil pengenceran 10^{-4}



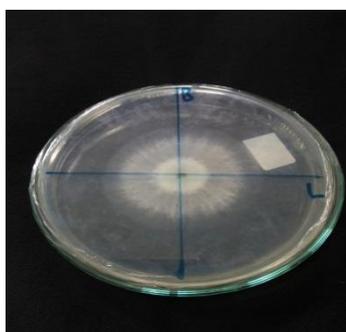
Jamur *T.harzianum* hasil dari pengenceran



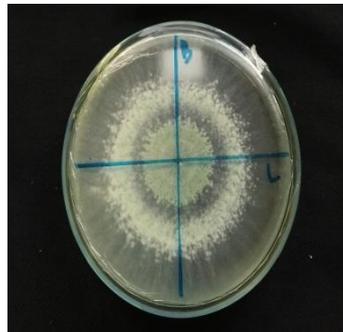
Jamur *A.niger*



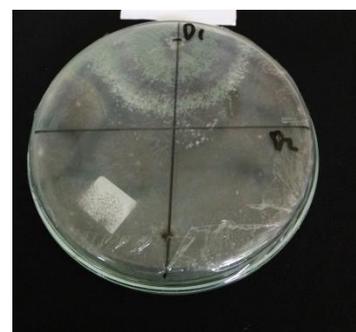
Purifikasi jamur *A.niger*



Mengukur diameter jamur *T.harzianum* pada hari ke-3



Mengukur diameter jamur *T.harzianum* pada hari ke-5



Uji antagonis *T.harzianum* vs *A.niger*



Pemasakan beras jagung untuk perbanyakkan jamur



Memasukkan beras jagung kedalam plastik untuk disterilkan



Pemasangan kolong dan isolat jamur



Inkubasi selama 7 hari



Kulit kakao yang sudah dicacah dan disterilkan dengan klorox



Penimbangan jamur untuk kebutuhan aplikasi



Aplikasi jamur dengan kulit kakao



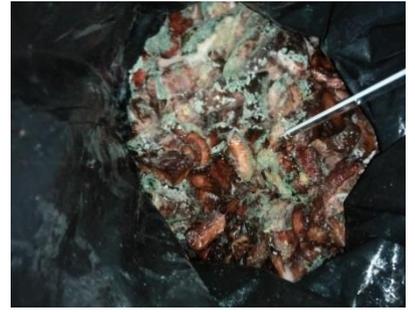
Dekomposisi kulit kakao ditempat ternaungi



Dekomposisi kulit kakao di tempat tanpa naungan



Pengamatan suhu dan munculnya jamur *A.niger*



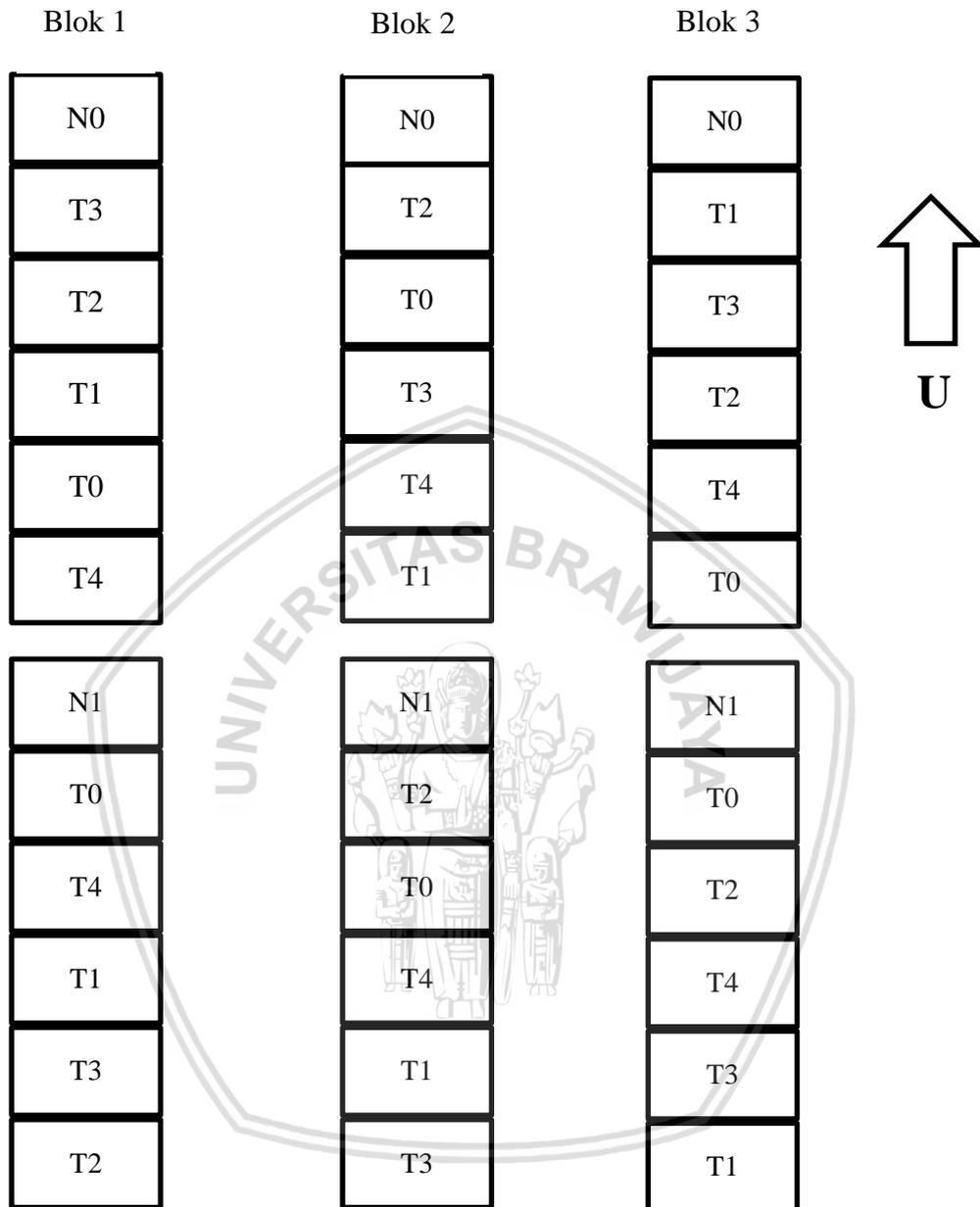
Pengamatan suhu dan munculnya jamur *T.harzianum*



Pengamatan suhu dan munculnya konsorsium jamur



Lampiran 10. Layout Percobaan Penelitian



Keterangan:

- N0 dan N1= Petak Utama (main plot); T0, T1, T2, T3, T4 = Anak Petak (sub plot)
- N0= Naungan; N1= Tidak Ternaungi; T0= Kontrol; T1= Jamur *T.harzianum*; T2= *A.nigger*; T3= Konsorsium jamur T4= Pendekomposer