

1. @COMPOST

2. MICROORGANISME PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS AIRLANGGA

**Diterbitkan untuk
Ujian Tahap II**

Kk
Dis M
Pri
e

DISERTASI

**EFEKTIVITAS INOKULUM MIKROORGANISME
SELULOLITIK TERHADAP PROSES PENGOMPOSAN
LIMBAH PADAT PABRIK GULA**

Kk
Dis M. 06/02
Pri
e



**MILIK
PERPUSTAKAAN
UNIVERSITAS AIRLANGGA
SURABAYA**

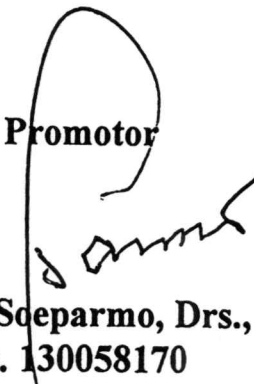
ANDRIANI EKO PRIHATININGRUM

**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS AIRLANGGA
SURABAYA
1998**


Lembar Pengesahan

**EFEKTIVITAS INOKULUM MIKROORGANISME
SELULOLITIK TERHADAP PROSES PENGOMPOSAN
LIMBAH PADAT PABRIK GULA**

**Disertasi ini telah disetujui
tanggal 26 Oktober 1998
Untuk Ujian Tahap II**

Promotor

Menyetujui

**Prof. H.A. Sceparmo, Drs., M. Sc.
NIP. 130058170**

Ko-promotor

**Dr. Gading F. Hutasoit, Ir., M. Sc.
NIK. 87750344**

**Mengetahui
Ketua Program Studi
Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**


**Prof. Dr. H.A. Aziz Hubeis, Apt.
NIP. 13287034**

**EFEKTIVITAS INOKULUM MIKROORGANISME
SELULOLITIK TERHADAP PROSES PENGOMPOSAN
LIMBAH PADAT PABRIK GULA**

DISERTASI

**Untuk memperoleh Gelar Doktor
dalam Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
pada Program Pascasarjana Universitas Airlangga
di bawah pimpinan Rektor Universitas Airlangga**

Prof.H.Soedarto,dr.,DTM&H.,Ph.D

**Untuk dipertahankan di hadapan
Rapat Terbuka Senat Universitas Airlangga**

Oleh:

**ANDRIANI EKO PRIHATININGRUM
NIM: 099211256 D**

**Telah Diuji pada Ujian Tahap I
Tanggal 28 Agustus 1998**

PANITIA PENGUJI DISERTASI

Ketua : Prof.Dr. Kuntjoro Suhadi,dr.

Anggota : Prof. H.A. Soeparmo, Drs., M.Sc.

Prof. Radyastuti Winarno, Ir.

Prof. Dr. Syekhfani, Ir., M.S.

Dr. Ami Suwandi JS.

**Ditetapkan dengan Surat Keputusan
Rektor Universitas Airlangga
Nomor: 6838/JO3/PP/1998
Tanggal 7 September 1998**

UCAPAN TERIMAKASIH

Puji syukur kehadiran Allah yang maha pengasih lagi maha penyayang atas segala rahmat dan karunia Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan disertasi berjudul: EFEKTIVITAS INOKULUM MIKROORGANISME SELULOLITIK TERHADAP PROSES PENGOMPOSAN LIMBAH PADAT PABRIK GULA.

Melalui kesempatan ini penulis menyampaikan penghargaan dan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

Rektor Universitas Airlangga, Prof H Soedarto, dr., DTM&H, PhD, dan mantan Rektor UNAIR Prof. H. Bambang Rahino Setokoesoemo, dr., yang telah memperkenankan penulis untuk mengikuti program Doktor di Program Pascasarjana Universitas Airlangga Surabaya.

Direktur, Prof. Dr. H. Soedijono Tirtowidarjo, dr., beserta staf yang telah memberikan kesempatan untuk melanjutkan pendidikan di Program Pascasarjana Universitas Airlangga Surabaya. Mantan Direktur Program Pascasarjana Universitas Airlangga, Prof. Dr. Soetarjadi, Apt., atas kesempatan yang diberikan untuk menempuh pendidikan Doktor bidang Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam di Program Pascasarjana Universitas Airlangga.

Promotor, Prof. H.A. Soeparmo, Drs., M.Sc., yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan intensif semenjak awal semester pertama.

Ko Promotor, Dr. Gading F. Hutasoit, Ir., M.Sc., ko promotor, yang sabar dan ikhlas memberikan bimbingan, petunjuk dalam penelitian serta dorongan demi selesainya disertasi.

Rektor Universitas Wijaya Kusuma Surabaya, Prof. dr. H.S.M. Soeatmadji atas kepercayaannya memberikan ijin dan biaya untuk program doktor ini. Mantan Rektor Universitas Wijaya Kusuma Surabaya, Trimarjono, SH., atas kepercayaannya untuk mengikuti program doktor. Mantan Rektor Universitas Wijaya Kusuma Surabaya, Prof. H.R.M. Soejoenes atas kepercayaan dan do'a restu dalam menempuh program doktor. Ketua Yayasan Wijaya Kusuma Surabaya, H. Moch. Said atas ijin, kepercayaan dan do'a restu dalam menempuh program doktor.

Dekan Fakultas Pertanian Universitas Wijaya Kusuma Surabaya, Ir. Achmadi Susilo, MS., atas ijin dan kesempatan yang diberikan untuk mengikuti pendidikan program Doktor. Mantan Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Wijaya Kusuma Surabaya, Dr. Aw. Batara Goa, MA., M.Sc., atas ijin dan kesempatan yang diberikan untuk mengikuti pendidikan program Doktor.

Seluruh pengurus Yayasan Wijaya Kusuma Surabaya, seluruh pimpinan Universitas Wijaya Kusuma Surabaya beserta staf dan karyawan, seluruh pimpinan dan dosen Fakultas Pertanian Wijaya Kusuma serta mahasiswa atas dukungan dan do'a restunya sehingga penulisan disertasi dapat terselesaikan.

Dosen pembina program Studi Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam program Doktor Universitas Airlangga, Prof. H.A Soeparmo, Drs., M.Sc., Prof. Abdul Gani, SH., M.Sc., Prof. H. Abdul Basir, Drs., Dr. Susanti Linuwih., Dr. Ami Soewandi JS, Dr.M.Zaenudin yang telah memberikan bekal ilmu.

Prof. Dr. Syekhfani, Ir. M.S., dan Dr. Ami Soewandi JS selaku dosen PJMK yang telah memberikan bekal ilmu khususnya yang menunjang penelitian.

Dr. Gunawan Sukarso, Ir., M.Sc., selaku Direktur P3GI Pasuruan atas segala bantuan fasilitas penelitian dan penulisan ini. Dan dalam kesempatan ini pula penulis sampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan atas semua bantuan sehingga penelitian ini dapat selesai, kepada : Dr. Tony Kuntohartono, Ir., Direktur Muda Penelitian; Ir. Yahya Kurniawan, M.Sc., Ka Kelti Pemanfaatan Hasil Samping; Ir. Hendro Santoso; Dra. Prihastuti; Yugijanto; Mulyadi; Ir. Fajar; Slamet Suprpto; Moch. Sueb; Suprayitno; Susilo; Mukhayat; Mujiono; Suwaji; Budi dan seluruh karyawan P3GI yang membantu terselesaikannya penelitian ini yang namanya tidak bisa saya sebutkan satu persatu.

Prof. Dr. Hj. Siti Rasminah Chailani Syamsidi, Ir., Prof. Radyastuti, Ir., Prof. Dr. Kuntjoro Suhadi, dr., Prof. Dr. Syekhfani, Ir. M.S., Dr. Ami Suwandi JS, atas koreksi dan saran demi kesempurnaan disertasi ini.

Kepada Direktur PG Kedawung Pasuruan dan seluruh staf disampaikan terimakasih atas segala bantuan sehingga penelitian ini dapat terselesaikan. Demikian pula dalam kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada Almarhumah Ny. Hj. Oemi Setiati Soeparmo yang sewaktu masih hidup dengan tulus dan ikhlas memotivasi dan mendo'akan penulis agar program Doktor ini segera dapat diselesaikan, dan teriring do'a semoga segala amal baiknya diterima Allah SWT.

Semua Guru SD, SMP, SMU, Dosen Fakultas Pertanian UPN "Veteran" Surabaya, Dosen Fakultas Pascasarjana UGM dan Unibraw Malang, Dosen program Pascasarjana Universitas Airlangga Surabaya atas bimbingan dan pengarahannya sehingga penulis dapat melaksanakan pendidikan di program doktor dan berhasil menyelesaikan program Doktor.

Bapak Adi Hadiyanto, Ibu Sumi Wiryanti sebagai orang tua yang mengasuh dan mendidik dengan penuh keikhlasan, memberikan dorongan dan do'a restu dalam menempuh program Doktor, Demikian pula kepada Bapak Khojin, Ibu Rumiati sebagai mertua yang telah memberikan dorongan dan do'a restu dalam menyelesaikan program Doktor. Saudaraku, Iparku terima kasih atas dorongan moril dan bahkan materiil demi terselesainya program Doktor.

Rekan-rekan semua yang telah banyak membantu terselesainya disertasi, yang penulis tidak dapat menyebutkan namanya satu persatu, penulis sampaikan terima kasih.

Saya sampaikan penghargaan dan terima kasih yang tidak terhingga kepada suamiku Dr. Ir. Setyo Budi, MS., anakku Nugroho Eko Wirawanbudianto dan Nugrahadi Dwi Pascabudiono yang telah memberikan dorongan dan pengertian serta pengorbanannya dengan do'a yang tulus selama menyelesaikan pendidikan di Program Doktor.

Akhirnya dengan tulus ikhlas, kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian program Doktor, penulis hanya dapat memohonkan do'a semoga segala amalnya diterima Tuhan Yang Maha Esa dan kepadanya diberikan rakmat, taufik dan hidayahNya. Amin.

RINGKASAN

Proses pengomposan limbah padat pabrik gula khususnya ampas secara alami berlangsung lama dan belum ditemukannya isolat unggul serta model inokulasi untuk mempercepat proses pengomposan limbah padat pabrik gula di Indonesia.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan isolat mikroorganisme terseleksi dalam menghidrolisis selulosa, lignin, mempercepat penurunan perbandingan C/N, secara tunggal, ganda dan tripel, sehingga proses pengomposan dapat dipercepat dengan kualitas kompos sesuai standar ketersediaan unsur hara.

Pelaksanaan penelitian dilakukan dalam tiga tahap yaitu isolasi mikroorganisme, uji laboratorium, aplikasi di lapang. Tahap isolasi mikroorganisme merupakan tahapan untuk mendapatkan isolat bakteri, fungi dan aktinomisetes pada limbah padat pabrik gula yang mempunyai kemampuan menghidrolisis selulosa, teruji kemurniannya, populasi, suhu dan dilakukan identifikasi. Pelaksanaan ini meliputi kegiatan isolasi mikroorganisme (bakteri, fungi, aktinomisetes) pada ampas tebu pabrik gula Kedawung Pasuruan. Media untuk pertumbuhan bakteri adalah media *Hans*, fungi dengan media *Asparagin* dan aktinomisetes dengan media *Kent knight*. Selanjutnya dilakukan pengujian terhadap populasi pada suhu 40°C, 50°C dan 60°C, yang mempunyai kemampuan tumbuh lebih cepat dan populasinya banyak dipilih

dan dimurnikan. Isolat tersebut diuji kemampuannya menghidrolisis selulosa dan lignin, penurunan C/N, hormon IAA, aktivitas enzim dan diidentifikasi.

Tahapan uji laboratorium merupakan pengujian kemampuan menghidrolisis selulosa dan lignin skala fermentor substitusi pada isolat yang telah terseleksi pada tahapan isolasi. Tahap uji laboratorium meliputi kegiatan pembiakan atau pembibitan terhadap enam isolat yang masing-masing terdiri dari 2 isolat bakteri, 2 isolat fungi dan 2 isolat aktinomisetes.

Hasil pembiakan diinokulasikan pada media padat dengan komposisi sesuai perlakuan dan sudah diletakkan pada fermentor substitusi serta difermentasi pada suhu 40°C, 50°C dan 60°C. Rancangan penelitian yang digunakan adalah rancangan acak lengkap faktorial dan diulang 3 kali. Faktor I adalah limbah padat yang terdiri 4 level yaitu: L₁ = ampas 100 %; L₂ = ampas 75% + blotong 20% + abu ketel 5%; L₃ = ampas 60% + blotong 30% + abu ketel 10%; L₄ = ampas 50% + blotong 40% + abu ketel 10%. Faktor II adalah suhu inkubasi yang terdiri 3 level yaitu: S₁ = 40°C; S₂ = 50°C dan S₃ = 60°C. Faktor III adalah macam isolat (bakteri, fungi, aktinomisetes) yang masing-masing terdiri 2 level yaitu: *Cellulibrio speciosa* BA 4 dan *C. speciosa* BA 9; *Aspergillus niger* FA 20 dan *A. niger* FA 22; *Thermonospora curvata* AA 0 dan *T. curvata* AA 13. Hasil pengujian dengan

menggunakan fementor substitusi diambil 1 isolat untuk masing-masing bakteri, fungi dan aktinomisetes yang mempunyai kemampuan menghidrolisis selulosa dan lignin yang tinggi serta penurunan C/N yang cepat.

Tahap aplikasi di lapang merupakan pengujian terhadap isolat yang terbaik saat uji di laboratorium. Rancangan penelitian yang digunakan adalah rancangan acak kelompok faktorial dan diulang 3 kali. Faktor I adalah macam isolat mikroorganisme (M) yang terdiri 8 level yaitu: M_1 = Tanpa inokulum mikroorganisme, M_2 = Inokulasi isolat bakteri *C. speciosa* BA 9, M_3 = Inokulasi isolat fungi *A. niger* FA 22, M_4 = Inokulasi isolat aktinomisetes *T. curvata* AA 0, M_5 = Inokulasi isolat bakteri *C. speciosa* BA 9 dan isolat fungi *A. niger* FA 22, M_6 = Inokulasi isolat bakteri *C. speciosa* BA 9 dan isolat aktinomisetes *T. curvata* AA 0, M_7 = Inokulasi isolat fungi *A. niger* FA 22 dan isolat aktinomisetes *T. curvata* AA 0, M_8 = Inokulasi isolat bakteri *C. speciosa* BA 9, isolat fungi *A. niger* FA 22 dan isolat aktinomisetes *T. curvata* AA 0. Faktor II adalah komposisi limbah padat (L) terdiri 4 level: L_1 = Ampas 100 %, L_2 = Ampas 75 % + blotong 20 % + abu ketel 5 %, L_3 = Ampas 60 % + blotong 30 % + abu ketel 10 %, L_4 = Ampas 50 % + blotong 40 % + abu ketel 10 %. Hasil penelitian dianalisis kadar selulosa, lignin, C, N, P, perbandingan C/N, gula reduksi.

Hasil penelitian tahap isolasi dapat ditemukan isolat mikroorganisme penghidrolisis selulosa dan lignin yang terpilih sebanyak 12. Hasil isolasi dipilih 2 macam isolat yang terbaik yaitu didapatkan bakteri *C. speciosa* BA 4 dan *C. speciosa* BA 9, fungi *A. niger* FA 20 dan *A. niger* FA 22 serta aktinomisetes *T. curvata* AA 0 dan AA *T. curvata* 13.

Hasil penelitian laboratorium dengan menggunakan fermentor substitusi untuk menguji kemampuan isolat, maka isolat bakteri *C. speciosa* BA 9 mampu menghidrolisis selulosa terbanyak yaitu 13,970 % dengan waktu inkubasi 30 hari pada perlakuan M2L4S2, hidrolisis lignin sebesar 8,563 % dengan waktu inkubasi 30 hari pada perlakuan M2L1S2 serta mampu menurunkan perbandingan C/N sebesar 22,023 dengan waktu inkubasi 30 hari pada perlakuan M2L3S3. Isolat fungi *A. niger* FA 22 mampu menghidrolisis selulosa sebesar 12,897 % dengan waktu inkubasi 30 hari pada perlakuan M2L2S2, isolat *A. niger* FA 20 menghidrolisis lignin sebesar 9,023 % dengan waktu inkubasi 30 hari pada perlakuan M1L2S2 dan menurunkan perbandingan C/N sebesar 22,303 dengan waktu inkubasi 30 hari pada perlakuan M1L2S2. Isolat aktinomisetes *T. curvata* AA 0 mampu menghidrolisis selulosa sebanyak 12,860 % dengan waktu inkubasi 30 hari pada perlakuan M1L3S2 dan menghidrolisis lignin sebesar 7,283 % dengan waktu inkubasi 30 hari pada perlakuan M1L3S2. Isolat *T. curvata* AA 13 mampu menurunkan perbandingan C/N sebesar

21,643 dengan waktu inkubasi 30 hari pada perlakuan M2L3S2 walaupun secara statistik tidak berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Hasil pembiakan pada fermentor berkapasitas 500 liter dengan waktu inkubasi 48 jam maka isolat bakteri *C. speciosa* BA 9 menghasilkan sebesar 9,46 kg, isolat fungi *A. niger* FA 22 sebesar 8,75 kg serta isolat aktinomisetes *T. curvata* AA 0 sebesar 10,53 kg.

Hasil penelitian di lapang secara statistik membuktikan bahwa pemberian inokulum mikroorganisme secara tunggal, ganda dan tripel mampu mempercepat proses pengomposan pada limbah padat pabrik gula. Inokulasi secara tunggal pada perlakuan M3L4 (isolat *A. niger* FA 22) dengan komposisi limbah padat (ampas 50 % + blotong 40 % + abu ketel 10 %) mampu menghidrolisis selulosa tertinggi sebesar 9,003 % pada waktu pengamatan 60 hari. Inokulasi secara ganda pada perlakuan M5L4 (isolat bakteri *C. speciosa* BA 9 + isolat *A. niger* FA 22) dengan komposisi limbah padat (ampas 50 % + blotong 40 % + abu ketel 10 %) mampu menghidrolisis selulosa tertinggi sebesar 10,637 % waktu pengamatan 30 hari. Inokulasi secara tripel yaitu perlakuan M8L3 (isolat bakteri *C. speciosa* BA 9 + isolat fungi *A. niger* FA 22 + isolat aktinomisetes *T. curvata* AA 0) dengan komposisi limbah padat (ampas 50 % + blotong 40 % + abu ketel 10 %) pada waktu pengamatan 30 hari mampu menghidrolisis selulosa terbanyak sebesar 11,013 % walaupun

secara statistik tidak berbeda dengan perlakuan lain. Sebaliknya bila tanpa inokulasi maka hidrolisis selulosa tertinggi sebesar 6,290 % yaitu dengan komposisi limbah padat (ampas 60% + blotong 30 % + abu ketel 10 %) pada waktu pengamatan 90 hari.

Hidrolisis lignin tertinggi pada inokulasi secara tunggal terjadi pada perlakuan M3L4 (isolat *A. niger* FA 22) dengan komposisi limbah padat (ampas 50 % + blotong 40 % + abu ketel 10 %) yaitu sebesar 6,490 % pada waktu pengamatan 30 hari. Inokulasi secara ganda pada perlakuan M5L3 (isolat *C. speciosa* BA 9 + *A. niger* FA 22) dengan komposisi limbah padat (ampas 60 % + blotong 30 % + abu ketel 10 %) mampu menghidrolisis lignin terbesar yaitu 8,347 waktu pengamatan 30 hari. Inokulasi secara tripel pada perlakuan M8L3 (isolat bakteri *C. speciosa* BA 9 + isolat *A. niger* FA 22 + isolat *T. curvata* AA 0) dengan komposisi limbah padat (ampas 60 % + blotong 30 % + abu ketel 10 %) pada pengamatan 30 hari mampu menghidrolisis lignin terbesar yaitu 8,667 % walaupun secara statistik tidak berbeda nyata dengan perlakuan lain. Sebaliknya bila tanpa inokulasi maka hidrolisis lignin tertinggi sebesar 2,653 % terjadi pada perlakuan M1L4 yaitu pada komposisi limbah padat (ampas 50 % + blotong 40 % + abu ketel 10 %) pada waktu pengamatan 60 hari.

Perbandingan C/N terendah pada pengamatan 90 hari dengan inokulasi secara tunggal terjadi pada perlakuan M3L4 (isolat *A. niger* FA 22) dengan komposisi limbah padat (ampas 50 % + blotong 40 % + abu ketel 10 %) yaitu sebesar 22,053. Waktu pengamatan yang sama dengan inokulasi secara ganda yaitu pada perlakuan M5L4 (isolat *C. speciosa* BA 9 + isolat *A. niger* FA 22) dengan komposisi limbah padat (ampas 50 % + blotong 40 % + abu ketel 10 %) mempercepat penurunan C/N sebesar 21,110. Inokulasi secara tripel yaitu pada perlakuan M8L3 (isolat bakteri *C. speciosa* BA 9 + isolat fungi *A. niger* FA 22 +isolat aktinomisetes *T. curvata* AA 0) dengan komposisi limbah padat (ampas 60 % + blotong 30 % + abu ketel 10 %) waktu pengamatan 90 hari mampu mempercepat penurunan perbandingan C/N dengan hasil 16,693 walaupun secara statistik tidak berbeda nyata dengan perlakuan lain. Sebaliknya pada perlakuan tanpa inokulasi penurunan perbandingan C/N terendah sebesar 31,410 terjadi pada perlakuan M1L3 dengan komposisi limbah padat (ampas 60 % + blotong 30 % + abu ketel 10 %) pada pengamatan 150 hari. Perlakuan M8L4 (isolat bakteri *C. speciosa* BA 9 + isolat fungi *A. niger* FA 22 +isolat aktinomisetes *T. curvata* AA 0) dengan komposisi limbah padat (ampas 50 % + blotong 40 % + abu ketel 10 %) menghasilkan gula reduksi terbanyak yaitu 3,226 mg/ml dengan inkubasi 150 hari, sebaliknya bila tanpa inokulasi maka gula reduksi tertinggi yang dihasilkan

sebesar 0,938 mg/ml pada perlakuan M1L4 dengan komposisi limbah padat (ampas 50 % + blotong 40 % + abu ketel 10 %).

Inokulasi secara tripel pada perlakuan M8L4 (isolat bakteri *C. speciosa* BA 9 + isolat fungi *A. niger* FA 22 + isolat aktinomisetes *T. curvata* AA 0) menghasilkan unsur hara tertinggi yaitu N = 1,126 %, P = 1,146 mg/100 gr, C = 14,311 %, pH = 8,813 dan K tertinggi sebesar 0,705 ml/100 gr terjadi pada perlakuan M5L4 (isolat bakteri *C. speciosa* BA 9 + isolat aktinomisetes *T. curvata* AA 0) dengan komposisi limbah padat (ampas 50 % + blotong 40 % + abu ketel 10 %), sebaliknya bila tanpa inokulasi maka unsur hara tertinggi terjadi pada perlakuan M1L4 yaitu pada komposisi limbah padat (ampas 50 % + blotong 40 % + abu ketel 10 %) masing-masing N = 0,309 %; P = 0,506 mg/100 gr; K = 240 mg/ 100 gr; C = 9,810 % dan pH = 6,075.

Pemberian inokulum mikroorganisme selulolitik isolat *C. speciosa* BA 9, *A. niger* FA 22 dan *T. curvata* AA 0 secara tunggal, ganda maupun tripel pada limbah padat pabrik gula dapat mempercepat waktu pengomposan. Inokulasi tunggal dapat mempercepat waktu pengomposan menjadi 120 hari, dengan perbandingan C/N 19,35 pada perlakuan M3L4 .Inokulasi ganda dapat mempercepat waktu pengomposan menjadi 120 hari, dengan perbandingan C/N 14,91 pada perlakuan M5L3. Inokulasi tripel dapat mempercepat waktu pengomposan menjadi 90 hari, dengan perbandingan C/N 16,69 pada perlakuan M8L3.

Ada perbedaan efektivitas pengomposan limbah padat pabrik gula yang diberi inokulum mikroorganisme selulolitik isolat *C. speciosa* BA 9, isolat *A. niger* FA 22 dan isolat *T. curvata* AA 0 secara tunggal, ganda dan tripel. Inokulasi tunggal mampu menurunkan perbandingan C/N terendah 19,35 pada perlakuan M3L4, dengan waktu pengomposan 120 hari, kemampuan menghidrolisis selulosa dan lignin masing-masing sebesar 9,00 % pada perlakuan M3L4 dengan waktu 60 hari, dan 6,49 % pada perlakuan M3L4 dengan waktu 30 hari. Inokulasi ganda mampu menurunkan perbandingan C/N menjadi 14,91 pada perlakuan M5L3, dengan waktu pengomposan 120 hari, kemampuan menghidrolisis selulosa dan lignin masing-masing sebesar 10,63 % pada perlakuan M5L4 dengan waktu 30 hari, dan lignin 8,34 % pada perlakuan M5L3 dengan waktu 30 hari. Inokulasi tripel mampu menurunkan perbandingan C/N menjadi 16,69 pada perlakuan M8L3, dengan waktu pengomposan 90 hari, kemampuan menghidrolisis selulosa dan lignin masing-masing sebesar 11,01 % pada perlakuan M8L4 dengan waktu 60 hari dan 8,66 % pada perlakuan M8L3 dengan waktu 30 hari.

Terjadi interaksi antara macam inokulum mikroorganisme selulolitik dengan komposisi limbah padat pabrik gula terhadap proses pengomposan baik pada percobaan di laboratorium maupun di lapang. Pada percobaan laboratorium interaksi terjadi pada waktu pengomposan 25 hari, perlakuan

BA4L2S2 dengan hidrolisis selulosa 9,64 %, dan waktu pengomposan 25 dan 30 hari pada perlakuan AAOL3S2 dengan hidrolisis lignin masing-masing sebesar 4,19 % dan 7,28 %. Percobaan di lapang interaksi terjadi pada waktu pengomposan 20, 30 dan 150 hari dengan hidrolisis selulosa tertinggi 11,015 pada perlakuan M8L4 pada waktu 30 hari. Waktu pengamatan lignin, interaksi terjadi pada waktu 10, 20, 30, 60, 90, 120 dan 150 hari dengan hasil lignin tertinggi 8,66 % pada perlakuan M8L3 waktu pengamatan 30 hari. Waktu pengamatan C/N, interaksi terjadi pada waktu 25 dan 30 hari dengan C/N terendah 38,63 pada perlakuan M8L3 dengan waktu pengamatan 30 hari.

Kualitas kompos yang diperoleh memenuhi persyaratan ketersediaan unsur hara sebagai produk kompos di pasaran umum. Hasil analisis menunjukkan bahwa kompos dapat digunakan membantu memperbaiki sifat tanah secara fisik karena mengandung selulosa 8,140 % (M8L4) waktu 90 hari, dan lignin 8,667 % (M8L3) waktu 30 hari, untuk sifat kimia kadar unsur hara N = 1,126 %, P tersedia = 1,416 mg/100 g, K tersedia 0,645 ml/100 g, untuk sifat biologi kadar C = 14,311 % dan gula reduksi 3,226 mg/ml (M8L4) waktu 150 hari dan perbandingan C/N 16,693 (M8L3) waktu 90 hari.

ABSTRACT

Key Words : Isolation, microorganism, hidrolisis, cellulolitic, composting, product

The aim of this research is to find the best method of composting from the waste of sugar factor. The ability of three isolated microorganisms (bacteria, fungus and actinomycetes) to hidrolise cellulose and lignin has been assessed under condition of increasing spesific cellulolitic enzyme activity in a attempt to accelerate the composting process and produce a compact quality that will improve soil fertility.

The waste was obtained from the Kedawung Sugar Factory in Pasuruan. The research was carried out in 3 steps i.e., isolation of the microorganisms, laboratory testing and application in the field. *Hans* media was used for bacteria growth, *Asparagine* media for fungus growth and *Kent Knight* media for actinomycetes growth.

They were isolated and only 12 microorganisms of the isolates were used for hydrolysis of cellulose and lignin, and from them two best bacteria *Celvibrio speciosa* BA 4 and BA 9 were used, from the two best fungus of *Aspergillus niger* FA 20 and FA 22 were used, and actinomycetes *Thermonospora curvata* AA 0 and AA 13 wee obtained from the hydrolycing cellulose and lignin. Using a Factorial Completely Randomized Design, with 3 repetations, a Factorial Randomized Complete Block Design, with 3 repetation was used for the field application.

Application in the field demonstrated that the M8L3 inoculum microorganism, whether given separately or altogether, was most effective in accelerating the composting process for the solid waste product of the sugar factory. The C/N ratio with M8L3 treatment (isolate bacteria *C. pseciosa* BA 9 + isolate fungus *A. niger* FA 22 + isolate actinomycetes *T. curvata* AA 0) of solid waste (ampas 60 % + blotong 30 % + abu ketel 10 %) during the 90 day investigation was 16,69, however this was not statistically significantly different from other treatments.

Whithout inoculation treatments, the lowest C/N ratio was 31,410 for M1L3 with solid waste of composition of ampas 60 % + blotong 30 % + abu ketel 10 %. M8L4 treatment produced the highest nutrient levels for N = 1,126 %, P = 1,146 mg/100 gr, C = 14,311 % and pH = 8,813 and M5L4 produced the highest nutrient level for K = 0,705 ml/100 gr.

DAFTAR ISI

	halaman
DAFTAR ISI	xxi
DAFTAR GAMBAR	xxvi
DAFTAR TABEL	xxvii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Permasalahan	1
1.2 Perumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Limbah Padat Pabrik Gula	7
2.1.1 Ampas Tebu	7
2.1.2 Blotong	10
2.1.3 Abu Ketel	11
2.2 Pengomposan	11
2.2.1 Mekanisme Pengomposan	11
2.2.2 Manfaat Kompos	16
2.3 Fermentasi Substrat Padat	19
2.3.1 Mekanisme Fermentasi Substrat Padat	19
2.3.2 Faktor-faktor yang mempengaruhi Proses Fermentasi	20
2.3.2.1 Mikroorganisme	20
2.3.2.2 Faktor Fisiko Kimia	20
2.4 Populasi dan Aktivitas Mikroorganisme ...	23
2.5 Hubungan Antar Mikroorganisme dalam Ekosistem	26
2.6 Produktivitas dan Aktivitas Enzim dalam Pengomposan	28

2.7	Peranan Mikroorganisme terhadap Pengomposan	37
III.	KERANGKA KONSEP PENELITIAN DAN HIPOTESIS	39
3.1	Kerangka Konsep Penelitian	39
3.2	Hipotesis	42
IV.	BAHAN DAN METODE PENELITIAN	43
4.1	Bahan dan Alat	43
4.1.1	Bahan	43
4.1.2	Alat	43
4.2	Pelaksanaan Percobaan Laboratorium	44
4.2.1	Tempat dan Waktu Penelitian	44
4.2.2	Isolasi dan Seleksi Mikroorganisme..	44
4.2.3	Pemurnian	47
4.2.4	Percobaan Laboratorium 1	47
4.2.5	Percobaan Laboratorium 2	49
4.2.6	Percobaan Laboratorium 3	51
4.2.7	Pengamatan	54
4.2.8	Pembibitan Isolat Terseleksi	54
4.2.9	Proses Hidrolisa	55
4.3	Metode Analisis	55
4.3.1	Kadar C	55
4.3.2	Kadar N Total	55
4.3.3	Kadar P	56
4.3.4	Penentuan Gula Reduksi	57
4.3.4.1	Penentuan Kurva Standard...	57
4.3.4.2	Penentuan Gula Reduksi	57
4.3.5	Kadar Selulosa	58
4.3.6	Kadar Lignin	59
4.3.7	Analisis Kadar Air	60
4.3.8	Penentuan pH	60

4.3.9	Penetapan Jumlah Sel	60
4.4	Pelaksanaan Penelitian di Lapang	60
4.4.1	Waktu dan Tempat Percobaan	60
4.4.2	Rancangan Penelitian	61
4.4.3	Pelaksanaan	62
4.4.4	Pengamatan	64
4.5	Produksi Enzim Selulolitik pada Media Cair..	64
4.6	Identifikasi Mikroorganisme	65
4.7	Uji Antagonistik Secara in Vitro	65
V.	HASIL PENELITIAN	67
5.1	Isolasi Mikroorganisme	67
5.1.1	Isolasi Bakteri Selulolitik	67
5.1.2	Seleksi Isolat Bakteri Selulolitik ..	67
5.1.3	Kandungan Hormon IAA	69
5.1.4	Karakteristik Enzim Selulolitik Isolat Bakteri BA 4 dan BA 9	71
5.1.4.1	Pengaruh Suhu dan Lama Inkubasi terhadap Aktivitas Enzim Selulolitik	71
5.1.4.2	Pengaruh Suhu dan Waktu Inkubasi terhadap Kadar Protein Enzim Selulolitik ..	72
5.1.4.3	Pengaruh Suhu dan Waktu Inkubasi terhadap Aktivitas Spesifik Enzim Selulolitik ..	72
5.1.5	Identifikasi Isolat Bakteri BA 4 dan BA 9	73
5.1.6	Isolasi Fungi Selulolitik	76
5.1.7	Seleksi Isolat Fungi Selulolitik.....	76
	xxiv	
5.1.8	Kandungan Homon IAA	78
5.1.9	Karakteristik Enzim Selulolitik Isolat Fungi FA 20 dan FA 22	80
5.1.9.1	Pengaruh Suhu dan Waktu Inkubasi terhadap Aktivitas Enzim Selullitik.....	80
	xxiii	

5.1.9.2	Pengaruh Suhu dan Lamanya Inkubasi terhadap Kadar Protein Enzim Selulolitik ..	81
5.1.9.3	Pengaruh Suhu dan Waktu Inkubasi terhadap Aktivitas Spesifik Enzim Selulolitik .	82
5.1.10	Identifikasi Isolat Fungi FA 20 FA 20 dan FA 22	82
5.1.11	Isolasi Isolat Aktinomisetes Selulolitik	85
5.1.12	Seleksi Isolat Aktinomisetes Selulolitik	85
5.1.13	Kandungan Homon IAA	87
5.1.14	Karakteristik Enzim Selulolitik Isolat Aktinomisetes AA 0 dan AA 13..	89
5.1.14.1	Pengaruh Suhu dan Lama Inkubasi terhadap Aktivitas Enzim Selulolitik	89
5.1.14.2	Pengaruh Suhu dan Waktu Inkubasi terhadap Kadar Protein Enzim Selulolitik..	90
5.1.14.3	Pengaruh Suhu dan Waktu Inkubasi terhadap Aktivitas Spesifik Enzim Selulolitik.	91
5.1.15	Identifikasi Isolat Aktinomisetes AA 0 dan AA 13	92
5.1.16	Uji Antagonistik	94
5.2	Percobaan Laboratorium	96
5.2.1	Pengaruh Isolat Bakteri, Media dan Suhu terhadap Hidrolisis Selulosa ..	96
5.2.2	Pengaruh Isolat Bakteri, Media dan Suhu terhadap Hidrolisis Lignin	99
5.2.3	^{xxv} Pengaruh Isolat Bakteri, Media dan Suhu terhadap Perbandingan C/N	102
5.2.4	Pengaruh Isolat Fungi, Media dan Suhu terhadap Hidrolisis Selulosa....	104
5.2.5	Pengaruh Isolat Fungi , Media dan Suhu terhadap Hidrolisis Lignin	108
5.2.6	Pengaruh Isolat Fungi, Media dan Suhu terhadap Perbandingan C/N	110

5.2.7	Pengaruh Isolat Aktinomisetes, Media dan Suhu terhadap Hidrolisis Selulosa	113
5.2.8	Pengaruh Isolat Aktinomisetes, Media dan Suhu terhadap Hidrolisis Lignin	115
5.2.9	Pengaruh Isolat Aktinomisetes, Media dan Suhu terhadap Perbandingan C/N	120
5.3	Penelitianan di Lapang	125
5.3.1	Pengaruh perlakuan Macam Mikroorganisme dan Komposisi Limbah Padat Secara Visual	125
5.3.2	Pengaruh Macam Isolat Mikroorganisme dan Komposisi Limbah Padat terhadap Hidrolisis Selulosa..	127
5.3.3	Pengaruh Macam Isolat Mikroorganisme dan Komposisi Limbah Padat terhadap Hidrolisis Lignin ...	131
5.3.4	Pengaruh Macam Isolat Mikroorganisme dan Komposisi Limbah Padat terhadap Perbandingan C/N ...	134
5.3.5	Hasil Analisis Gula Reduksi (mg/ml) pada waktu Pengamatan Umur 150 hari di Penelitian Lapang	138
5.3.6	Hasil Analisis Unsur Hara dan pH Waktu Pengamatan 150 Hari pada Penelitian di Lapang	140
VI.	PEMBAHASAN	143
VII.	SIMPULAN DAN SARAN	169
	DAFTAR PUSTAKA	173
	LAMPIRAN	177

DAFTAR GAMBAR

	halaman
2.1 Rumus Bangun Selulosa	8
2.2 Struktur Lignin	9
2.3 Potongan Selulosa	29
2.4 Monomer-monomer Penyusun Xilan	31
3.1 Skema Rencana Penelitian	40
3.2 Tahapan Penelitian	41
4.1 Denah Penelitian Laboratorium 1	49
4.2 Denah Penelitian Laboratorium 2	51
4.3 Denah Penelitian Laboratorium 3	53
4.4 Denah Penelitian Lapang	63
5.1 Hormon IAA yang dihasilkan oleh isolat BA 4, BA 9, BA 18 dan BA 15	70
5.2 Morfologi Isolat Bakteri BA 9 pada Perbesaran 400 x	75
5.3 Hormon IAA yang dihasilkan oleh Isolat FA 20, FA 22, FA 26 dan FA 35	79
5.4 Morfologi Isolat Fungi FA 22 pada Perbesaran 400 x	84
5.5 Hormon IAA yang dihasilkan oleh Isolat AA 0, AA 13, AA 14 dan AA 25	89
5.6 Morfologi Isolat Aktinomisetes AA 0 pada Perbesaran 400 x	94
5.7 Kompos Hasil Perubahan Limbah Padat	126

DAFTAR TABEL

	halaman
2.1 Pengaruh Temperatur terhadap Populasi Mikroorganisme pada Pupuk Kompos	18
4.2 Komposisi Medium	46
4.1 Kombinasi Perlakuan Penelitian Laboratorium 1	48
4.2 Kombinasi Perlakuan Penelitian Laboratorium 2	50
4.3 Kombinasi Perlakuan Penelitian Laboratorium 3	53
4.4 Kombinasi Perlakuan Penelitianan di Lapang	62
5.1 Populasi Isolat Bakteri Selulolitik dengan Inkubasi 48 jam pada Suhu 40°C, 50°C dan 60°C	67
5.2 Rerata Prosentase Kandungan Selulosa oleh berbagai Macam Isolat dan Waktu Inkubasi	68
5.3 Rerata Prosentase Kandungan Lignin oleh berbagai Macam Isolat dan Waktu Inkubasi	68
5.4 Rerata Kandungan Perbandingan C/N oleh berbagai macam Isolat dan Waktu Inkubasi	69
5.5 Hormon IAA yang dihasilkan oleh 4 Isolat pada Media Hans dengan berbagai Waktu Inkubasi	70
5.6 Aktivitas Enzim Selulolitik (unit/ml) Isolat Bakteri BA 4 dan BA 9 pada berbagai macam Suhu dan Waktu Inkubasi	71
5.7 Kadar Protein Enzim Selulolitik (µg/ml) Isolat Bakteri BA 4 dan BA 9 pada Berbagai Macam Suhu dan Waktu Inkubasi	72
5.8 Aktivitas Spesifik Enzim Selulolitik (unit/mg) Isolat Bakteri BA 4 dan BA 9 pada Berbagai Macam Suhu dan Waktu Inkubasi	73
5.9 Hasil Identifikasi Isolat Bakteri BA 4 dan BA 9	74
5.10 Populasi Isolasi Fungi Selulolitik dengan Inkubasi 48 jam pada Suhu 40°C, 50°C dan 60°C	76

5.11	Rerata Prosentase Kandungan Selulosa oleh berbagai Macam Isolat dan Waktu Inkubasi.....	77
5.12	Rerata Prosentase Kandungan Lignin oleh berbagai Macam Isolat dan Waktu Inkubasi.....	77
5.13	Rerata Perbandingan C/N oleh berbagai Macam Isolat dan Waktu Inkubasi	78
5.14	Hormon IAA yang dihasilkan oleh Isolat FA 20, FA 22, FA 26 dan FA 35	79
5.15	Aktivitas Enzim Selulolitik (unit/ml) Isolat Fungi FA 20 dan FA 22 pada Berbagai Macam Suhu dan Waktu Inkubasi	80
5.16	Kadar Protein Enzim Selulolitik ($\mu\text{g/ml}$) Isolat Fungi FA 20 dan FA 22 pada Berbagai Macam Suhu dan Waktu Inkubasi	81
5.17	Aktivitas Spesifik Enzim Selulolitik (unit/mg) Isolat Fungi FA 20 dan FA 22 pada Berbagai Macam Suhu dan Waktu Inkubasi	82
5.18	Hasil Identifikasi Isolat Bakteri FA 20 dan FA 22	83
5.19	Populasi Isolat Aktinomisetes Selulolitik dengan Inkubasi 48 jam pada Suhu 40°C , 50°C dan 60°C	85
5.20	Rerata Prosentase Kandungan Selulosa oleh berbagai Macam Isolat dan Waktu Inkubasi	86
5.21	Rerata Prosentase Kandungan Lignin oleh berbagai Macam Isolat dan Waktu Inkubasi	86
5.22	Rerata Kandungan Perbandingan C/N oleh berbagai Macam Isolat dan Waktu Inkubasi	87
5.23	Hormon IAA yang dihasilkan oleh Isolat AA 0, AA 13, AA 6 dan AA 25	88
5.24	Aktivitas Enzim Selulolitik (unit/ml) Isolat Aktinomisetes AA 0 dan AA 13 pada berbagai Macam Suhu dan Waktu Inkubasi	90
5.25	Kadar Protein Enzim Selulolitik ($\mu\text{g/ml}$) Isolat Aktinomisetes AA 0 dan AA 13 pada Berbagai Macam Suhu dan Waktu Inkubasi	91
5.26	Aktivitas Spesifik Enzim Selulolitik (unit/mg) Isolat Aktinomisetes AA 0 dan AA 13 pada Berbagai Macam Suhu dan Waktu Inkubasi	92

5.27	Hasil Identifikasi Isolat Aktinomisetes AA 0 dan AA 13	93
5.28	Pengaruh Isolat Bakteri, Media dan Suhu terhadap Hidrolisis Selulosa (%/hari)	97
5.29	Interaksi antara Isolat Bakteri dan Media terhadap Hidrolisis Selulosa pada Waktu Inkubasi 25 Hari (%/hari)	99
5.30	Pengaruh Isolat Bakteri, Media dan Suhu terhadap Hidrolisis Lignin (%/hari)	101
5.31	Pengaruh Isolat Bakteri, Media dan Suhu terhadap Perbandingan C/N	103
5.32	Pengaruh Isolat Fungi, Media dan Suhu terhadap Hidrolisis Selulosa (%/hari)	106
5.33	Interaksi antara Suhu dan Media terhadap Hidrolisis Selulosa pada Waktu Inkubasi 25 Hari (%/hari)	107
5.34	Pengaruh Isolat Fungi, Media dan Suhu terhadap Hidrolisis Lignin (%/hari)	109
5.35	Pengaruh Isolat Fungi, Media dan Suhu terhadap Perbandingan C/N pada Waktu Inkubasi 5, 10, 15, 20, 25 dan 30 Hari	111
5.36	Pengaruh Isolat Aktinomisetes, Media dan Suhu terhadap Hidrolisis Selulosa (%/hari)	114
5.37	Pengaruh Isolat Aktinomisetes, Media dan Suhu terhadap Hidrolisis Lignin (%/hari)	116
5.38	Interaksi antara Isolat Aktinomisetes dan Media terhadap Hidrolisis Lignin pada Waktu Inkubasi 25 Hari	118
5.39	Interaksi antara Isolat Aktinomisetes dan Media terhadap Hidrolisis Lignin pada Waktu Inkubasi 30 Hari	119
5.40	Interaksi Suhu dan Media terhadap Perbandingan C/N pada Waktu Inkubasi 5 Hari	120
5.41	Interaksi antara Suhu dan Media terhadap Perbandingan C/N pada Waktu Pengamatan 10 Hari	121
5.42	Pengaruh Isolat Aktinomisetes, Media dan Suhu terhadap Perbandingan C/N pada Waktu Inkubasi 15, 20, 25 dan 30 Hari (%/hari)	123
5.43	Perlakuan Fermentor terhadap Produksi Isolat Bakteri, Fungi dan Aktinomisetes Selulolitik Selama 48 Jam (kg/jam)	124

5.44	Pengaruh Macam Isolat Mikroorganisme dan Komposisi Limbah Padat terhadap Hidrolisis Selulosa Pada Waktu Pengamatan 10, 60, 90 dan 120 Hari (%/hari)	128
5.45	Interaksi Macam Isolat Mikroorganisme dan Komposisi Limbah Padat terhadap Hidrolisis Selulosa Pada Waktu Pengamatan 20, 30 dan 150 Hari (%/hari)	130
5.46	Interaksi Macam Isolat Mikroorganisme dan Komposisi Limbah Padat terhadap Hidrolisis Lignin Pada Waktu Pengamatan 10, 20, 30, 60, 90, 120 dan 150 Hari (%/hari)	132
5.47	Pengaruh Macam Isolat Mikroorganisme dan Komposisi Limbah Padat terhadap Perbandingan C/N pada Waktu Pengamatan 10, 60, 90, 120 dan 150 Hari	135
5.48	Interaksi antara Macam Isolat Mikroorganisme dan Komposisi Limbah Padat terhadap Perbandingan C/N pada Waktu Pengamatan 20 dan 30 Hari	138
5.49	Hasil Analisis Gula Reduksi pada Waktu Pengamatan 10, 20, 30, 60, 90, 120 dan 150 Hari (mg/ml)	139
5.50	Hasil Analisis Unsur Hara dan pH Pada Waktu Pengamatan 150 Hari	141

xxx



I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Permasalahan

Hampir semua pabrik gula di Indonesia sekarang ini mengalami permasalahan kelebihan ampas, blotong, dan abu ketel. Pada waktu yang lalu, 60 persen ampas yang dihasilkan dipakai sebagai bahan bakar ketel uap dan 40 persen digunakan industri kertas dan jamur. Sekarang efisiensi energi di pabrik gula telah ditingkatkan sehingga penggunaan ampas sebagai bahan bakar menurun jumlahnya.

Banyaknya ampas sekitar 32 persen dari berat tebu giling (Mochtar dkk, 1992). Pada tahun 1991/1992 jumlah total tebu giling di Indonesia mencapai 28 juta ton sehingga ampas yang dihasilkan sekitar 9 juta ton. Jika 50 persen dari ampas tidak terpakai maka akan terjadi kelebihan sebanyak 4,5 juta ton. Kelebihan ini dapat menimbulkan masalah bagi pabrik gula maupun masyarakat di sekitar pabrik.

Limbah padat pabrik gula lainnya yang juga cukup menimbulkan masalah adalah blotong dan abu ketel. Blotong dihasilkan sekitar 3,5 persen dari berat tebu giling. Abu ketel dihasilkan sekitar 0,3 persen dari berat tebu giling. Pemanfaatan kembali limbah padat pabrik gula menjadi produk yang berguna merupakan suatu langkah yang menguntungkan. Salah satu upaya pemanfaatan limbah padat tersebut adalah pendaurulangan menjadi kompos.

Pengomposan dapat berlangsung secara alami. Permasalahan yang muncul adalah waktu pengomposan berlangsung lama dan kualitas kompos yang dihasilkan masih rendah. Bertitik tolak dari masalah tersebut perlu dicari strategi alternatif pengomposan agar waktu pengomposan berlangsung lebih cepat dan kualitas kompos yang dihasilkan dapat ditingkatkan.

Penambahan bahan kimia, penambahan bahan anorganik dan organik serta pemberian mikroorganisme, khususnya mikroorganisme selulolitik yang mampu mempercepat pengomposan, dengan tetap memperhatikan kualitas kompos merupakan strategi pengomposan alternatif yang layak dikembangkan.

Secara alami terdapat jenis-jenis mikroorganisme selulolitik yang menghuni, dan memanfaatkan limbah padat sebagai sumber nutrisinya dengan cara menghidrolisis selulosa. Mengingat banyaknya jenis mikroorganisme yang hidup, dan keterbatasan nutrisi yang tersedia di dalam limbah padat dapat diantisipasi adanya kompetisi, simbiosis, dan sinergistik di antara mikroorganisme itu. Agar peranannya sebagai mikroorganisme pengurai limbah padat lebih efektif, maka perlu dilakukan seleksi mikroorganisme selulolitik yang dominan dan benar-benar mampu mendegradasi limbah padat.

Belum ditemukannya cara pemberian mikroorganisme selulolitik yang sudah diisolasi (bakteri, fungi dan

aktinomisetes) dari limbah padat yang berbentuk ampas, dan diuji serta diseleksi sebagai inokulum secara tunggal, ganda dan tripel pada pembuatan kompos. Dari inokulasi isolat mikroorganisme ini, diharapkan dapat menangani permasalahan limbah padat pabrik gula di Indonesia, dan sekaligus merupakan langkah nyata untuk memelihara keseimbangan ekologi lingkungan.

Mengingat limbah padat pabrik gula banyak mengandung selulosa, maka pengomposan akan lebih efektif, efisien dan tidak merusak lingkungan apabila dapat dikembangkan inokulum mikroorganisme selulolitik yang mampu mendegradasi bahan itu secara optimal dan mengubahnya menjadi kompos.

Hasil penelitian Hutasoit dan Toharisman (1992), limbah padat yang dikomposkan dengan penambahan *Bacillus stearothermophilus* dapat melapuk lebih cepat bila dibandingkan limbah padat yang tidak diberi inokulum.

Belum dimanfaatkannya secara optimal peranan mikroorganisme selulolitik yang mampu menghidrolisis selulosa pada limbah padat pabrik gula, dan belum ditemukannya manajemen standar penanganan limbah padat pabrik gula menyebabkan permasalahan limbah padat pabrik gula tetap rumit apabila penanganannya masih berlangsung secara alami.

Berdasar latar belakang permasalahan tersebut, penelitian ini dirancang untuk mengisolasi jenis-jenis mikroorganisme selulolitik yang terdapat di limbah padat

pabrik gula yang mampu mendegradasi limbah padat secara optimal, dan mampu menghasilkan enzim selulolitik yang tinggi. Selanjutnya jenis mikroorganisme selulolitik yang sudah diseleksi, jenisnya dicampur sehingga secara sinergistik mampu mendegradasi limbah padat secara optimal.

Hasil-hasil penelitian ini diharapkan dapat memperkecil permasalahan limbah padat pabrik gula di Indonesia.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan diteliti adalah sebagai berikut:

1. Apakah diantara inokulum mikroorganisme selulolitik penghidrolisis selulosa yang telah diisolasi dan diseleksi dapat mempercepat proses pengomposan limbah padat pabrik gula ?
2. Apakah terdapat perbedaan efektivitas pengomposan pada limbah padat yang diberi inokulum mikroorganisme selulolitik tunggal dengan yang diberi inokulum mikroorganisme selulolitik ganda maupun tripel ?
3. Apakah ada interaksi antara macam inokulum mikroorganisme selulolitik dan komposisi limbah padat terhadap proses pengomposan limbah padat pabrik gula ?
4. Bagaimana kualitas kompos hasil rekayasa biologi yang dihasilkan ?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui:

1. Kemampuan inokulum mikroorganisme selulolitik yang sudah diseleksi dan diuji dalam mempercepat proses pengomposan limbah padat pabrik gula.
2. Efektivitas inokulum mikroorganisme selulolitik yang sudah diseleksi dan diuji dalam menghidrolisis selulosa, lignin dan mempercepat penurunan C/N pada limbah padat pabrik gula secara tunggal, ganda dan tripel.
3. Interaksi inokulum mikroorganisme selulolitik tunggal, ganda dan tripel dalam mempercepat proses pengomposan pada percobaan di lapang.
4. Kualitas kompos hasil rekayasa biologi yang dihasilkan.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan sumbangan ilmu pengetahuan baik dari segi ilmiah maupun dari segi penerapan praktis. Dari segi ilmiah penelitian ini diharapkan mampu menghasilkan teknologi tentang inokulasi mikroorganisme selulolitik penghidrolisis selulosa, sehingga dapat mempercepat proses pengomposan dan menghasilkan kompos berkualitas. Penelitian ini diharapkan pula mampu menghasilkan isolat mikroorganisme selulolitik penghidrolisis selulosa, yang mampu meningkatkan aktivitas enzim selulolitik yang baik dan stabil. Dari segi

penerapan praktis di lapang, diharapkan inokulum mikroorganisme selulolitik yang dihasilkan dapat mempercepat proses pengomposan limbah padat pabrik gula di Indonesia. Kompos yang dihasilkan berkualitas dan dapat digunakan sebagai bahan peningkatan kesuburan tanah.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah Padat Pabrik Gula

2.1.1 Ampas Tebu

Ampas tebu merupakan serat sisa tanaman tebu yang telah mengalami proses penghancuran dan ekstraksi. Ampas tebu terdiri dari air, serat kasar dan sejumlah kecil padatan terlarut. Komposisi ampas tebu bervariasi, tergantung dari varietas, tingkat kematangan, metode pemanenan dan efisiensi mesin penggiling (Paturau, 1989).

Serat kasar ampas tebu merupakan komponen yang tidak larut dalam air, sebagian besar terdiri dari selulosa yang mempunyai sifat memperkokoh tanaman dan sebagai bahan dasar dari jaringan setiap tanaman (Paturau, 1989).

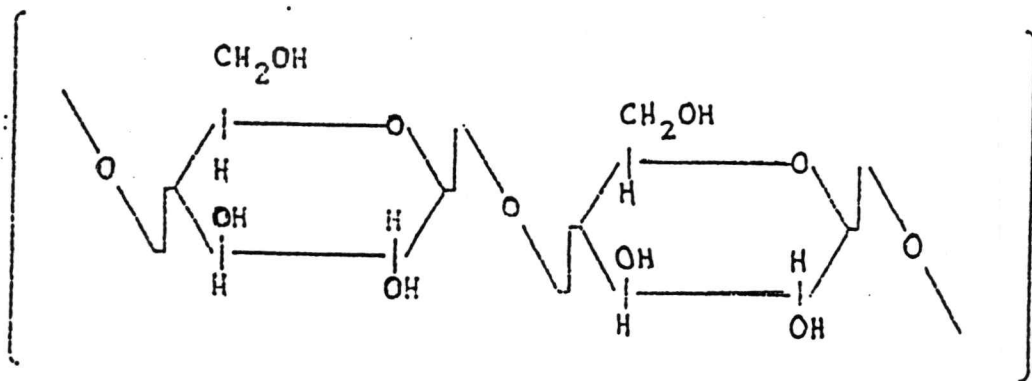
Menurut Meyer (1975) dan Winarno (1983), serat kasar terdiri dari selulosa, dan lignin yang sulit dihidrolisis. Serat kasar merupakan bentuk polisakarida, sehingga tidak dapat difermentasi sebelum dipecah terlebih dahulu menjadi monosakarida (Gray, 1959 dalam Puspitaningsih, 1982).

Menurut Cowling dan Kirk (1976), selulosa terdiri dari molekul polimer lurus yang tersusun dari glukosa dengan ikatan 1,4- β . Selulosa dibedakan menjadi dua, yaitu selulosa alamiah dan modifikasinya. Selulosa alamiah umumnya terbentuk dalam ikatan dengan polisakarida lain seperti: pati, lignin, pektin dan hemiselulosa. Modifikasi

selulosa adalah selulosa alamiah yang telah mendapat perlakuan.

Menurut Dewey dan Mendels (1980), di dalam selulosa terdapat dua bentuk, yaitu bentuk kristal dan bentuk amorf, sedangkan menurut Andren *et al.* (1976), selulosa bentuk kristal lebih sukar dihidrolisis bila dibandingkan dengan bentuk amorf.

Menurut Cowling dan Kirk (1976), selulosa mempunyai rumus empiris $(C_6H_{10}O_5)_n$ dan rumus bangunnya seperti pada Gambar 2.1



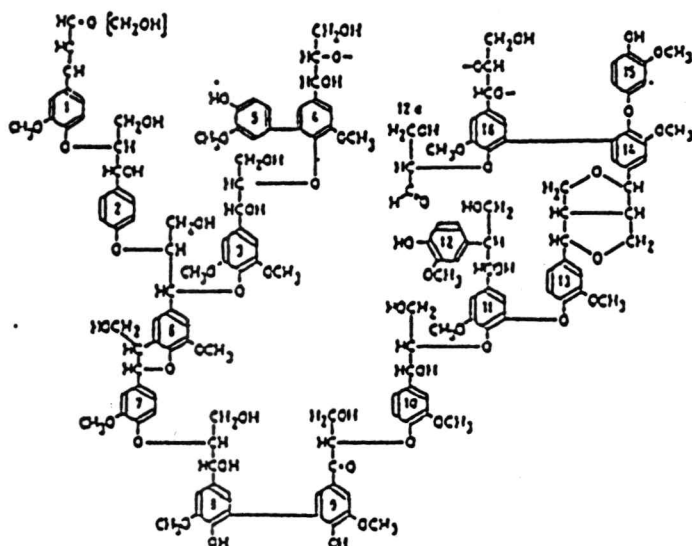
Gambar 2.1 Rumus Bangun Selulosa (Cowling, 1958)

Selain mengandung selulosa, serat kasar terdiri dari hemiselulosa. Molekul hemiselulosa berbentuk lebih kompleks dibandingkan dengan selulosa. Hal ini disebabkan hemiselulosa tersusun dari beberapa macam gula, yaitu : D-glukosa, D-silosa, D-manosa, L-arabinosa, D-galaktosa dan D-asam galakturonat yang dihubungkan oleh suatu ikatan glukosida (Wilder, 1973).

Menurut Spano (1976), hemiselulosa mempunyai derajat polimerisasi yang lebih rendah, dan lebih mudah larut dalam alkali, tetapi lebih sukar larut dalam asam apabila dibandingkan dengan selulosa.

Lignin merupakan polisakarida penyusun dinding sel yang belum diketahui dengan pasti kandungannya, tetapi salah satu adalah alkohol aromatik yang membentuk polimer. Alkohol aromatik tersebut adalah : koniferil alkohol, sinapil alkohol dan koumaril alkohol.

Menurut Houtert (1981), lignin terikat dengan hemiselulosa dan selulosa melalui ikatan ester sehingga dapat membentuk suatu matriks berdimensi tiga. Bentuk tersebut menghalangi penetrasi enzim selulase ke dalam selulosa. Adapun struktur lignin dapat dilihat pada Gambar 2.2



Gambar 2.2 Struktur Lignin (Simmond, 1965)

2.1.2 Blotong

Blotong merupakan bahan padat sisa tapisan pemurnian nira tebu, berwarna hitam dan komposisinya tergantung dari jenis proses. Blotong banyak mengandung bahan organik, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai pupuk, makanan ternak dan bahan bakar. Banyaknya blotong berkisar antara 2-3 persen berat tebu. Pabrik gula dengan kapasitas 4000 ton tebu akan menghasilkan blotong sebanyak 80 sampai 120 ton per hari (Anonymous, 1982).

Pada proses pengomposan, degradasi ampas tebu akan dipercepat dengan penambahan blotong, hal ini disebabkan blotong banyak mengandung unsur hara dan bahan organik yang diperlukan bagi pertumbuhan mikroorganisme (Anonymous, 1982).

Nilai perbandingan C/N blotong sulfitasi maupun karbonatasi berkisar antara 35 sampai 40, sehingga bila dibandingkan dengan limbah lainnya seperti ampas dan tebu kering yang masing-masing mempunyai perbandingan C/N 225 dan 110, maka blotong lebih mudah terlapuk. Blotong merupakan salah satu limbah padat pabrik gula yang sudah banyak dimanfaatkan sebagai sumber bahan organik tanah. Pemberian blotong ke lahan sebanyak 40 ton/hektar dapat meningkatkan kadar N tanah 0,015 prosen .

2.1.3 Abu Ketel

Abu ketel merupakan bahan padat sisa pembakaran ampas di ketel uap. Abu ketel merupakan sumber mineral dan bersifat sebagai karbon aktif, yang dapat menyerap zat-zat yang mengganggu atau meracuni mikroorganisme dalam proses hidrolisis. Banyaknya abu ketel sekitar 0,3 persen berat tebu, jumlah limbah abu ketel termasuk yang paling kecil dibanding limbah padat lain yang dihasilkan oleh pabrik gula (Anonymous, 1982).

2.2 Pengomposan

2.2.1 Mekanisme Pengomposan

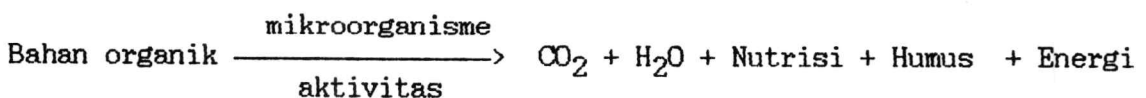
Kompos adalah bahan-bahan organik yang telah mengalami proses dekomposisi dan dapat digunakan sebagai pupuk organik. Pengomposan didefinisikan sebagai penguraian bahan organik secara aerobik atau anaerobik menjadi produk bunga tanah (humus). Penguraian dilakukan oleh berbagai organisme, seperti bakteri jenis aktinomisetes, fungi, protozoa, dan cacing. Jenis organisme yang dominan di dalam pengomposan tergantung pada susunan bahan organik, ukuran bahan limbah, kandungan lengas, jumlah oksigen, suhu, dan tingkat konversi dari bahan mentah. Selama terjadi proses pengomposan, bahan organik diubah menjadi karbondioksida dan air, disertai dengan pembebasan energi (Sardjoko, 1991).

Yutono (1989) mengemukakan kompos dibuat dengan cara membusukkan bahan sisa tumbuhan dan hewan dalam suatu tumpukan. Terdapat dua perbedaan proses penguraian bahan organik didalam timbunan limbah padat dan di dalam tanah : yaitu (1). proses penguraian di dalam tumpukan limbah padat kurang aerasi; (2). proses penguraian dalam tumpukan limbah padat berlangsung pada suhu yang lebih tinggi daripada di dalam tanah.

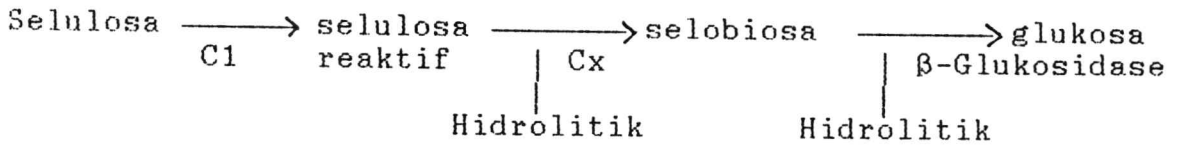
Proses pengomposan perlu diusahakan agar kelengasan (kadar air), dan aerasi pada tumpukan bahan yang dikomposkan berada dalam kisaran tertentu. Dalam prakteknya, tipe penguraian dan laju penguraian diatur dengan mengadakan variasi aerasinya, dan tidak dengan cara mengatur kadar airnya.

Pengomposan merupakan penguraian dalam limbah secara biologis. Prosesnya berlangsung pada keadaan yang diatur sehingga akan menghasilkan suatu produk yang berguna untuk pertanian. Pada pengomposan, proses penguraian oleh kegiatan mikroorganisme ditingkatkan dengan cara mengusahakan lingkungan yang cocok untuk perbanyak mikroorganisme serta kegiatannya (Sardjoko, 1991).

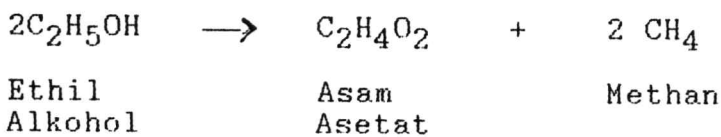
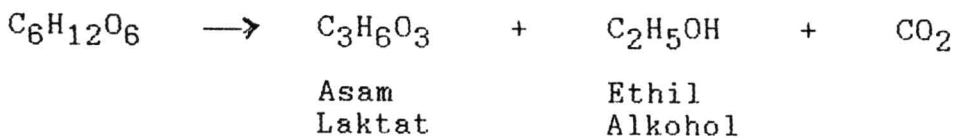
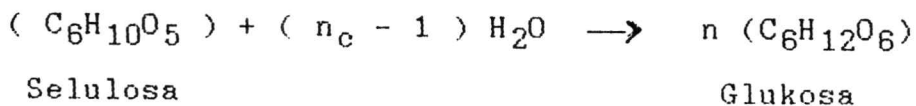
Reaksi biokimia yang terjadi dalam pengomposan (Anonymous, 1984) dapat dijelaskan sebagai berikut :



Proses selanjutnya adalah proses hidrolisis dari suatu substrat menjadi senyawa yang lebih sederhana, sebagaimana reaksinya sebagai berikut :



Bakteri aerobik dan fungi mendegradasi selulosa dengan sempurna dan hanya menghasilkan CO_2 , pigmen tertentu, sejumlah zat (substansi) dari sel mikroorganisme. Sekitar 30 sampai 40 persen selulosa yang dipecah oleh mikroorganisme pemisah diubah kedalam sel. Bakteri anaerobik mendegradasi selulosa dengan pembentukan berbagai asam organik dan alkohol sesuai dengan reaksi sebagai berikut :



Hemiselulosa merupakan suatu polisakarida yang tersusun dari senyawa kimiawi yang mengandung gula sederhana. Pada hidrolisis pentosan memberikan gula pentosa, arahan menghasilkan arabinosa, silan memberikan

silosa, heksosan menghasilkan heksosa, galaktan memberikan galaktosa dan manan memberikan manosa.

Proses pengomposan akan dipercepat jika substratnya berukuran lebih kecil. Misalnya limbah kertas, dapat dipotong-potong menjadi kurang lebih 5 cm. Limbah berupa daun dapat dikomposkan dalam ukuran yang lebih besar. Limbah kebun (kecuali ranting-ranting yang berkayu) tidak perlu dihaluskan.

Faktor-faktor yang mempengaruhi dan perlu diperhatikan ialah sifat fisik dan kimia bahan organiknya (substrat), suhu, aerasi, kelengasan, ketersediaan nitrogen dalam substrat dan beberapa unsur hara, terutama K dan P (Alexander, 1977). Menurut Yutono (1989) faktor-faktor yang mempengaruhi pengomposan meliputi suhu, aerasi dan kelengasan.

Pada pengomposan diusahakan suhu tinggi (50° - 70°C). Suhu yang tinggi dapat membunuh kuman patogen dan berbagai larva serangga. Meningkatnya suhu timbunan kompos merupakan penunjuk bahwa proses pengomposan berjalan baik.

Kadar air diusahakan berkisar antara 50 hingga 70 prosen, yaitu suasana lengas tetapi air tidak menggenang. Kadar air maksimal yang diizinkan ialah 85 prosen, hal ini sangat bergantung pada bahan yang dikomposkan. Aerasi dapat ditingkatkan dengan beberapa cara yaitu dengan cara mekanis ataupun dengan sistem diberi angin (blower).

Suasana asam dalam tumpukan kompos akan menghambat proses penguraian. pH optimum untuk kegiatan mikroorganisme berkisar antara 6 hingga 8. Pengaturan pH dalam praktek dilakukan dengan penambahan kapur, tepung kulit kerang, tepung tulang atau abu. Bahan yang akan dikomposkan perlu diperhatikan tentang perbandingan C : N-nya. Jika perbandingan C : N kurang dari 20 : 1, maka sebagian besar nitrogennya akan menguap sebagai amonia. Perbandingan C : N-nya lebih tinggi dari 30 : 1 maka perlu diturunkan dengan penambahan pupuk kandang, urine atau bahan-bahan lain yang perbandingan C : N-nya rendah (Yutono, 1989).

Kompos lebih baik jika diberikan pada tanah pasir, sedangkan untuk tanah yang berat, bahan organik yang belum dikomposkan akan lebih baik pengaruhnya. Pengomposan berdampak baik jika ditinjau dari segi keseimbangan lingkungan (karena dalam proses pengomposan, suhu yang tinggi mematikan patogen dan parasit yang terdapat pada sisa tumbuhan dan hewan).

Aktivitas mikroorganisme pada hidrolisis bahan-bahan padatan sangat dipengaruhi oleh suhu. Pengaturan suhu inkubasi optimal disesuaikan dengan suhu optimal bagi pertumbuhan mikroorganisme tersebut (Anonymous, 1980). Dalam proses fermentasi, senyawa organik berperan sebagai donor elektron dan penerima elektron akhir selama fermentasi, ATP diproduksi melalui proses fosforilasi

tingkat substrat.

2.2.2 Manfaat Kompos

Kompos dibuat jika bahan organik berlimpah-limpah, atau dengan maksud untuk mengawetkan bahan organik tersebut hingga saat diperlukan. Perbedaan penting lainnya lagi antara kompos dan bahan organik aslinya ialah : (1) kompos dapat menahan air lebih banyak daripada bahan organik aslinya dan (2) Bahan organik aslinya lebih kasar dan berserat-serat, sedangkan kompos bersifat remah.

Perananan utama yang diberikan kompos dalam hubungannya dengan kesuburan tanah ialah menyediakan unsur hara utama (nitrogen, fosfor, kalium), unsur hara mikro bagi tanaman, memperbaiki sifat fisik tanah (Gaur, 1982).

Kompos sebagai bahan organik tanah berpengaruh langsung atau tidak langsung terhadap pertumbuhan tanaman, memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah, memperbaiki struktur tanah, menyediakan unsur hara, dan merupakan sumber energi bagi mikroorganisme (Russel, 1961).

Keuntungan penggunaan bahan organik atau kompos pada tanah pertanian (yang tidak menggunakan pupuk buatan) antara lain: (1) bahan organik menyediakan nitrogen, sulfur, yang diambil oleh tanaman tanpa pupuk anorganik, (2) bahan organik meningkatkan daya serap dan kapasitas tukar kation tanah masam, (3) kation yang mudah dipertukarkan meningkat, (4) meningkatkan agregasi tanah dan memperbaiki sifat fisik serta mengurangi kepekaan

tanah terhadap erosi, (5) meningkatkan kemampuan menahan air, (6) dapat membentuk senyawa kompleks dengan unsur-unsur hara mikro, sehingga melindungi unsur-unsur tersebut dari pencucian (Green Land dan Dart dalam Sanchez, 1976).

Beberapa kompos diketahui berpengaruh menekan penyakit pada tanaman. Hal ini dimungkinkan karena adanya mikroorganisme antagonisme di dalam kompos yang dapat menekan patogenitas (Lumsden, Lewis, dan Papavizas, 1983; Hoitink dan Fahy, 1986). Menurut Dwidjoseputro (1981) beberapa bentuk antagonisme misalnya antara *Streptococcus lactis* dan *Bacillus subtilis* atau *Proteus vulgaris*. Apabila ketiga spesies ini ditumbuhkan bersama-sama di dalam suatu medium, maka pertumbuhan *Bacillus* dan *Proteus* akan segera terhambat karena adanya asam-susu yang dihasilkan oleh *Streptococcus lactis*.

Menurut Widyastuti dan Anas, (1991) ketahanan isolat (hasil uji antagonis antara *Pseudomonas sp.* dengan *P. solanacearum*) pada kompos steril populasinya lebih baik dibanding dengan isolat (hasil uji antagonis antara *Pseudomonas sp.* dengan *Sclerotium*), terutama pada penyimpanan suhu 4°C dan awal penyimpanan suhu 28°C. Selanjutnya menurut Adrianto dan Anas (1991) inokulasi antagonis ke dalam kompos steril dapat mengendalikan serangan *Rhizoctania solani* pada tanaman tomat. Cara ini dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas kompos.

Berdasar penelitian Nurhayati (1991) ternyata tingkat penambahan kompos 10 persen dalam fermentor memberikan pertumbuhan terbaik pada *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake. Selanjutnya residu fermentasi cair yang berwarna hijau kehitam-hitaman dan relatif kental, menurut Sudrajat (1989) dapat digunakan untuk *soil conditioner*.

Proses pengomposan menurut Waksman, 1963 dapat dijelaskan seperti pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Pengaruh Suhu terhadap Populasi Mikroorganisme pada Pupuk Kompos (Waksman, Gordon, Hulpoi, 1939 dalam Waksman, 1963)

Suhu Pengomposan (°C)	Lama Pengomposan (hari)	Populasi per Gram Kompos Basah	
		Aktinomisetes (x 10 ⁶)	Fungi (x 10 ³)
28	0	1.000	200
	2	14.000	0
	8	175	0
	21	85	11.000
	39	50	600
50	0	1.600	200
	2	100	0
	8	2.000	0
	39	6	1.000
65	0	1.600	200
	2	100	0
	8	106	0
	39	8	0
75	0	1.600	200
	8	4	0
	21	2	0

2.3 Fermentasi Substrat Padat

2.3.1 Mekanisme Fermentasi Substrat Padat

Di negara kita telah dikenal berbagai macam makanan tradisional yang diolah secara fermentasi misalnya tempe, oncom, tape dan tuak. Mikroorganisme yang digunakan biasanya fungi benang dan kapang. Dengan dasar pertumbuhan mikroorganisme pada substrat padat, telah berkembang berbagai industri seperti antibiotika (Sutariningsih dan Nastiti, 1989).

Fermentasi substrat padat adalah proses fermentasi di mana mikroorganisme ditumbuhkan pada bahan padat dalam ketiadaan atau hampir ketiadaan air bebas. Tingkat lebih atas dari fermentasi substrat padat (yaitu sebelum air bebas tampak) merupakan fungsi penyerapan, dan dengan demikian kadar airnya pada gilirannya bergantung pada jenis substrat yang digunakan. Substrat yang paling banyak digunakan dalam fermentasi substrat padat adalah biji-bijian serealia, kacang-kacangan, sekam gandum, bahan yang mengandung lignoselulosa (seperti kayu dan jerami) dan berbagai bahan lain yang berasal dari tanaman dan hewan. Senyawa tersebut selalu berupa molekul polimer, tidak larut atau sedikit larut dalam air, tetapi murah, mudah diperoleh dan merupakan sumber hara yang tinggi (Smith, 1990).

Kebutuhan dasar nutrisi mikroorganisme adalah energi atau sumber karbon, nitrogen dan unsur anorganik.

Sebagian besar proses fermentasi substrat padat, sumber karbon dan nitrogen sering diperoleh dari campuran bahan alam atau produk samping industri (Smith, 1990).

Ampas tebu yang mengandung serat kasar, merupakan komponen yang tidak larut dalam air, terdiri atas selulosa dan merupakan substrat bagi pertumbuhan mikroorganisme, dengan menggunakan selulosa sebagai sumber karbon (C) bagi pertumbuhan mikroorganisme (Anonymous, 1989).

2.3.2 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Proses Fermentasi

2.3.2.1 Mikroorganisme

Mikroorganisme yang mempunyai afinitas substrat sangat tinggi, kecepatan tumbuh tidak akan terpengaruh oleh penurunan konsentrasi sisa substrat yang digunakan apabila mikroorganisme mempunyai afinitas substrat rendah, maka kecepatan tumbuh mikroorganisme sangat dipengaruhi konsentrasi substrat.

Menurut Said (1987), kemampuan mikroorganisme untuk tumbuh dan mensintesis produk pada suatu lingkungan, ditentukan oleh perilaku genetik mikroorganisme tersebut. Pengembangan proses fermentasi yang baik sangat bergantung pada isolat yang baik dan diperoleh dari proses seleksi, mutasi, serta dari pengetahuan mengenai efek parameter-parameter lingkungan terhadap pertumbuhan sel dan pembentukan produknya.

Penambahan mikroorganisme pada suatu perlakuan memperlihatkan bahwa rata-rata pH lebih rendah dibandingkan dengan kontrol. Ini menunjukkan adanya proses perombakan yang lebih aktif pada bahan yang ditambah aktivator. Pada proses perombakan dilepaskan asam-asam organik sehingga akan menurunkan pH (Gaur, 1982).

2.3.2.2 Faktor Fisiko Kimiawi

Variabel tersebut antara lain pengaruh suhu, pH, nutrisi yang tinggi. Pertumbuhan mikroorganisme dan pembentukan produk merupakan hasil dari urutan reaksi-reaksi kimia, pertumbuhan mikroorganisme juga dipengaruhi oleh suhu. Masing-masing mikroorganisme mempunyai suhu pertumbuhan optimum, bila suhu dinaikkan ke arah suhu pertumbuhan optimum, maka kecepatan tumbuh akan meningkat dua kalinya pada kisaran suhu 10°C. Tetapi di atas suhu pertumbuhan optimum, kecepatan tumbuh akan menurun secara berlawanan dengan naiknya suhu (Said, 1987).

Mikroorganisme memerlukan pH tertentu untuk pertumbuhannya. Bakteri biasanya tumbuh terbatas pada pH sekitar netral, sedangkan untuk fungi benang mencapai kondisi optimum pada pH cenderung asam. Kenyataannya pengaturan pH untuk pertumbuhan optimum dalam proses hidrolisis agak sukar, mengingat aktifitas mikroorganisme yang sering berubah dan tidak dapat diramalkan. Keperluan pH sangat bergantung pada jenis mikroorganisme dan jenis

reaksi yang dikehendaki (Winarno, 1983).

Biokonversi nitrogen merupakan faktor pembatas untuk mencapai produk biokonversi yang optimal dan selalu dipertimbangkan unsur yang terkandung di dalam substrat dibandingkan dengan karbon atau perbandingan C/N. Perbandingan C/N merupakan indeks nutrisi untuk proses biodegradasi. Persyaratan media yang digunakan untuk proses biokonversi sedikitnya mengandung N sekitar 100 mg/l, atau C/N sekitar 30 (Sutariningsih dan Nastiti, 1989). Salah satu karakteristik berakhirnya proses pengomposan adalah perbandingan C/N berkisar antara 10 - 20 (Anonim, 1984).

Selain ketiga faktor tersebut di atas, aktivitas air dan kelembaban juga mempengaruhi proses biokonversi. Aktivitas air dan kelembaban bervariasi bergantung pada jenis mikroorganisme dan reaksinya. Bakteri memerlukan kelembaban relatif sekitar 14 persen, fungi memerlukan 13-13,5 persen untuk pertumbuhannya. Di dalam sistem degradasi bahan yang mengalami perombakan mempunyai kandungan air rendah sampai sedang. Masing-masing mikroorganisme mempunyai nilai A_w (*water activity*) yaitu jumlah air yang dibutuhkan mikroorganisme untuk pertumbuhannya optimal untuk melakukan aktifitasnya. Bakteri aktif dalam proses biokonversi pada $A_w = 0,96$, khamir aktif di sekitar $A_w = 0,89$ dan fungi aktif pada $A_w = 0,78$ (Sutariningsih dan Nastiti, 1989).

2.4 Populasi dan Aktivitas Mikroorganisme

Kompos dihuni oleh bermacam-macam mikroorganisme dengan jumlah dan ragam yang sangat bervariasi. Jumlah populasi mikroorganisme ada yang hanya terdiri dari beberapa spesies, tetapi ada pula yang jumlahnya mencapai jutaan spesies untuk setiap gram tanah (Anas, 1989).

Setiap spesies mikroorganisme akan tumbuh dengan baik di dalam lingkungan hanya selama kondisinya menguntungkan bagi pertumbuhan dan untuk mempertahankan dirinya. Begitu terjadi perubahan fisik, kimia, atau biologi yang membuat kondisi bagi pertumbuhan spesies lain lebih menguntungkan, maka mikroorganisme yang telah teradaptasi dengan baik di dalam keadaan terdahulu, akhirnya terpaksa tempatnya ditempati mikroorganisme yang dapat beradaptasi dengan baik pada kondisi yang baru (Pelczar *et al.*, 1986).

Kompetisi untuk mendapatkan makanan dan ruang semua jasad berinteraksi secara langsung maupun tidak langsung dengan jasad lain yang dekat dengannya. Dalam kompetisi sangat berat ini, suatu jasad dapat berpengaruh tidak menguntungkan pada jasad lain yang berada didekatnya akan menang dalam kompetisi (Hadi, Suseno, dan Sutakaria, 1976).

Sebagian besar fungi, bakteri dan aktinomisetes berperan dalam hidrolisis selulosa dalam suasana aerobik, sedangkan protozoa, beberapa spesies bakteri dan aktinomisetes lainnya berperan dalam suasana anaerobik (Alexander, 1977).



Dekomposisi selulosa oleh bakteri dan fungi dibatasi oleh ketersediaan N, pH, dan kandungan unsur hara. Menurut Ruschmeyere dan Schmidt (1958) (dalam Alexander 1977), ketersediaan nitrogen merupakan faktor kritis yang nyata di antara hidrolisis selulosa dan kapasitas mineralisasi N dan kandungan Nitrat tanah. Aplikasi N inorganik yang bersumber dari garam amonium dan nitrat, juga senyawa N organik seperti urea, asam amino, dan kasein akan memacu laju perombakan selulosa.

Pengaruh pH tanah terhadap laju dekomposisi selulosa berkaitan dengan jenis mikroorganisme yang mampu melakukan perombakan bahan tersebut. Pada pH rendah fungi lebih berperan dari pada bakteri. Sebaliknya dalam suasana alkalin yang berperan adalah aktinomisetes. Selulosa akan dirombak menjadi derivat-derivat yang sederhana dengan membebaskan CO₂.

Menurut Alexander (1977) pada tanah yang bereaksi netral atau alkali, terdapat banyak mikroorganisme yang mampu berkembang biak dan membebaskan enzim penghidrolisis polisakarida. Sedangkan pada tanah yang mempunyai reaksi asam sebagian besar hidrolisis selulosa dilakukan oleh jenis-jenis fungi.

Dengan menggunakan media tertentu dapat ditetapkan jenis mikroorganisme yang tertentu pula. Untuk penetapan jumlah fungi tanah, beberapa media yang dapat digunakan adalah *Czapek's-Dox*, *Rose-Bengal Agar*, *Potato Dextrose Agar*,

dan *Richard's Synthetic Medium* (Rao, 1977). Selain itu juga *Martin Agar*, media *Papavizas* dan *Davey* serta medium *Littman* (Anas, 1989). Kanazawa *et al.* (1988) menggunakan medium *Rose-Bengal Streptomycin Glucose Agar* untuk penetapan jumlah fungi tanah.

Penetapan jumlah bakteri dapat juga dilakukan dengan metode *plate count* dalam medium *Nutrient Agar*, *Plate Count Agar*, *Soil Extract Agar*, *Asparagine Mannitol Agar*, dan *Reinforced Clostridial Medium*, sedangkan untuk penetapan jumlah algae digunakan medium *Modified Bristol's Medium* (Rao, 1977).

Metode lain yang sering digunakan juga untuk penetapan berbagai populasi mikroorganisme tanah, selain metode *plate count* adalah MPN. Penggunaan metode ini memungkinkan kita menduga populasi mikroorganisme tanpa menghitung jumlah sel atau koloni. Metode yang disebut juga dengan metode pengenceran ini, sering digunakan untuk penetapan jumlah algae tanah dan bakteri nitrifikasi.

Lingkungan di dalam kompos dibedakan atas komponen biotik dan abiotik. Komponen abiotik terdiri dari mineral, bahan organik, air, dan udara, sedangkan komponen biotik meliputi semua organisme.

Air di samping berperan sebagai sumber makan dan medium untuk transportasi juga berperanan dalam pengendalian suhu kompos dan tekanan osmose. Keadaan air

yang ideal untuk kehidupan dan aktivitas mikroorganisme adalah sekitar 75 persen kapasitas lapang.

Keadaan aerasi berpengaruh terhadap jumlah O_2 yang dapat masuk ke dalam kompos. Konsentrasi O_2 mempengaruhi aktivitas mikroorganisme. Mikroorganisme aerobik memerlukan O_2 yang cukup untuk melakukan aktivitasnya, sedangkan yang bersifat anaerob akan terhambat aktivitasnya bila terdapat O_2 yang cukup dalam kompos..

2.5 Hubungan Antar Mikroorganisme dalam Ekosistem

Mikroorganisme penghuni suatu ekosistem mempunyai bermacam-macam tipe asosiasi dan interaksi di antara spesies. Beberapa di antaranya bersifat netral, (artinya spesies-spesies yang bersangkutan tidak terpengaruh), beberapa bersifat menguntungkan atau positif bagi satu anggota atau lebih. Istilah umum simbiosis digunakan untuk menamakan hubungan yang ada bila dua atau lebih mikroorganisme hidup bersama. Tipe-tipe simbiosis dapat digambarkan sebagai berikut:

Netralisme: Anggota-anggota asosiasi tidak terpengaruh meskipun tumbuh di dalam lingkungan yang sama.

Mutualisme: Kedua anggota asosiasi memperoleh keuntungan.

Komensalisme: Salah satu anggota asosiasi menerima keuntungan yaitu dapat tumbuh lebih cepat, dapat mencapai jumlah yang besar dan pada umumnya tumbuh lebih baik, anggota yang lain tidak terpengaruh.

Antagonisme, Kompetisi atau Parasitisme: Salah satu anggota asosiasi dihambat atau dimusnahkan, sedang anggota yang lain mendapat keuntungan (Pelczar dan Chan, 1988).

Menurut Waksman (1963), interaksi dalam populasi dapat diringkas sebagai berikut.

1. Adanya asosiasi atau antagonisme dalam penggunaan nutrisi esensial.
2. Bersaing untuk tempat atau ruang yang sesuai.
3. Pengaruh seleksi kondisi lingkungan yang menyebabkan terjadinya keragaman mikroorganisme.
4. Hubungan antar sel yang muda, tumbuh dan berkembang dengan sel yang lebih tua atau sel istirahat.
5. Hubungan antar sel-sel mikroorganisme dalam spesies yang sama sebaik spesies yang berbeda.
6. Hubungan antara bermacam-macam mikroorganisme yang secara alami kebal atau tahan terhadap agen anti mikroorganisme.
7. Hubungan antara mikroorganisme yang memiliki kemampuan untuk menyerang mikroorganisme lain (parasit) dan mikroorganisme saprofitik lainnya.
8. Hubungan antara mikroorganisme yang berlindung dalam jaringan atau organ sebagai organisme simbiotik.
9. Hubungan antara organisme yang sumber makanannya dari unsur anorganik, dan menggunakan CO_2 sebagai sumber energi (autotrofik) dengan mikroorganisme yang sumber makanannya dari sisa-sisa bahan organik mati

(saprofitik).

2.6 Produktivitas dan Aktivitas Enzim dalam Pengomposan

Selulase merupakan salah satu penyusun jaringan tanaman yang penting, kadang-kadang berasosiasi dengan hemiselulosa, lignin dan kutin, sedang nama sistematiknya adalah β -1,4 glukon-4-glukanohidrolase (EC 3.2.1.4). Istilah selulose mula-mula digunakan untuk enzim yang dapat memecah selulosa kapas saja. Kini digunakan dalam arti yang lebih luas yaitu asal dapat memecah ikatan glukosidis β -1,4. (Winarno, 1983).

Selulosa dapat dihidrolisis oleh enzim selulase. Produk dekomposisi tergantung tipe organisme yang terlibat dan lingkungan. Pada lingkungan aerobik, selulose terurai menjadi glukose yang akan bergabung ke dalam sel yang sedang tumbuh dan karbondioksida, sedangkan dalam lingkungan aerob bakteri mengubahnya ke dalam asam organik dan alkohol.

Hidrolisis merupakan proses pemecahan suatu substrat menjadi senyawa-senyawa yang lebih sederhana dengan menggunakan bantuan air (Winarno, 1983), selanjutnya dinyatakan bahwa hidrolisis selulosa dapat dilakukan dengan asam atau enzim.

Menurut Winarno (1983) ada 3 jenis selulase, yaitu:
(a) faktor C_1 , yaitu faktor yang masih belum jelas benar peranannya, diperlukan untuk menghancurkan selulosa dalam bentuk kristal dengan tingkat polimerisasi yang

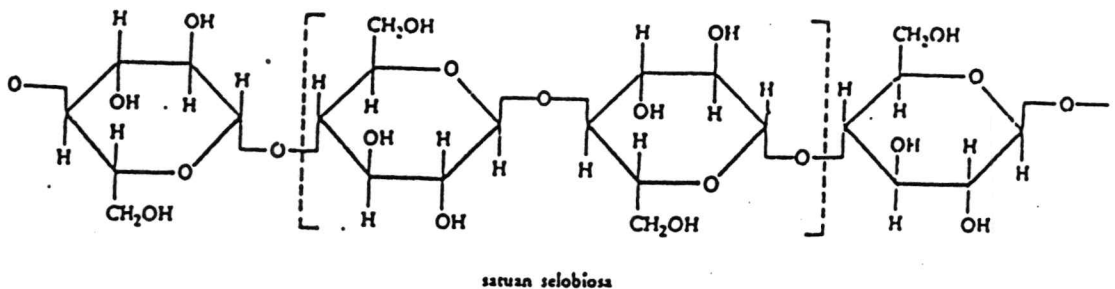
tinggi;

(b) β - Glukanase yang terbagi dalam dua jenis yaitu :

1. Ekso - β -1,4- Glukanase, menyerupai glukoamilase.
2. Endo - β -1,4- Glukanase, menghidrolisis molekul selulosa secara acak. Endo - β -1,4- Glukanase inilah yang disebut faktor C_x ;

(c) β - Glukosidase : afinitasnya tinggi terhadap molekul kecil.

Menurut Kusnawidjaja (1983) struktur selulosa terdiri atas selobiosa diikat dalam bentuk β -glukosidis dengan sudut 107° yang berselang-seling (zig-zag). Tiap molekul berdiameter 0,5 nm. Jumlah seluruhnya diketemukan sebanyak 8000 molekul, jadi panjangnya 4 μ . Sebelumnya diperkirakan antara 1000 dan 2000 molekul. Fungsinya telah diketahui sebagai penunjang, pemberi bentuk pada tumbuhan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.3



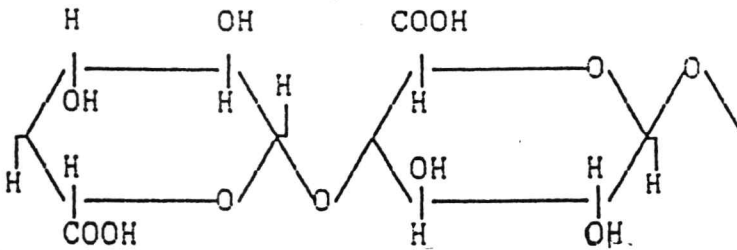
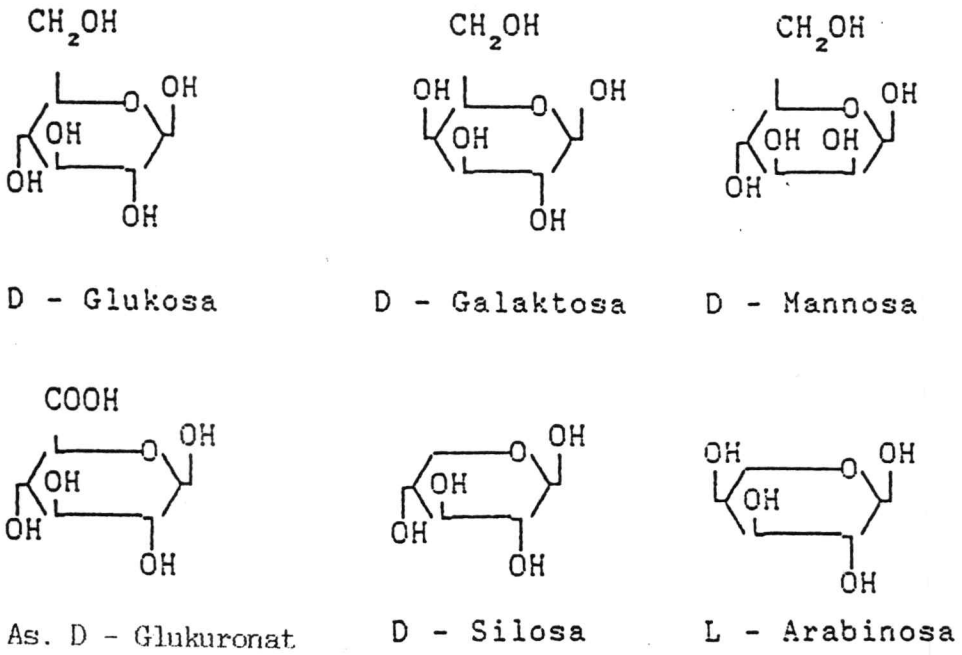
Gambar 2.3 Potongan Selulosa

Selanjutnya menurut Yutono (1989) kandungan C, H, O pada selulosa masing-masing sebesar 44,5 persen, 6,2 persen, dan 49,3 persen.

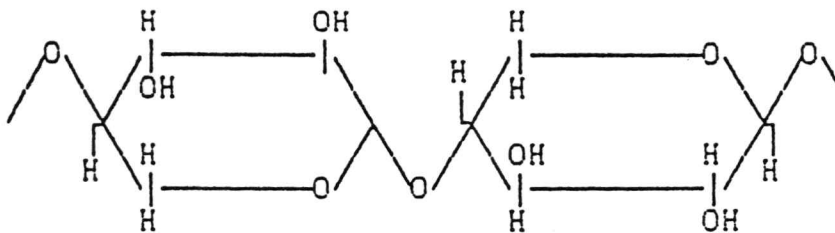
Menurut Yutono (1989) silan merupakan komponen kedua setelah selulosa dalam bahan tanaman. Molekulnya terdiri atas *silosa* dan *manosa*. Bentuknya seperti pektin dan fungsinya sebagai zat cadangan dan sebagian sebagai perekat (lem) tumbuhan.

Silan mengandung zat gula pentosa (*silosa*, *arabinosa*), atau zat gula heksosa (*glukosa*, *mannosa*, *galaktosa*) dan asam-asam uronat (berasal dari zat gula yang teroksidasi) sehingga mengandung gugus COOH.

Adapun monomer-monomer penyusun silan dapat dijelaskan dalam Gambar 2.4 sebagai berikut.



Unit asam Poliglukuronat



Gambar 2.4 Monomer-monomer Penyusun Silan

Dalam menghidrolisis selulosa lebih menguntungkan menggunakan enzim dibandingkan dengan menggunakan asam.

Kondisi lingkungan dapat diatur untuk menghasilkan glukosa yang tinggi sesuai dengan jumlah selulosa yang ada (Andren *et al.*, 1975 dan Spano, 1976).

Untuk menghidrolisis selulosa secara menyeluruh, diperlukan enzim selulase yang komplek. Enzim selulase mempunyai susunan komplek yaitu C_1 , C_x dan glukosidase. Menurut Jones (1976), komponen C dari selulase mempunyai peranan untuk mengkatalisis pemecahan kristalin selulosa, sehingga dihasilkan suatu rantai lurus anhidroglukosa. Selanjutnya rantai lurus anhidroglukosa yang terbentuk oleh komponen C_x akan dihidrolisis menjadi selobiosa dan glukosa (Spano, 1976). Menurut Dewey dan Mendels (1980), selobiosa yang terbentuk akan dihidrolisis lebih lanjut menjadi senyawa glukosa oleh aktivitas beta glukosidase.

Menurut Sutedjo dkk (1991) selulosa resisten terhadap unsur-unsur perantara pengoksidasinya dan hanya dihidrolisis oleh asam-asam terkonsentrasi. Dapat dikemukakan pula bahwa selulosa resisten terhadap serangan sejumlah besar mikroorganisme penghuni tanah. Selulosa dapat didekomposisi dengan mudah/cepat hanya oleh organisme-organisme tertentu yang spesifik yang ditemukan di antara bakteri, fungi, aktinomisetes dan protozoa.

Reaksi pada media, juga memiliki suatu pengaruh yang penting atas sifat/keadaan populasi mikroorganisme yang berperan dalam proses dekomposisi selulosa. Bakteri

aerobik termasuk golongan *Cytophaga* sanggup berkembang pada pH 6,1 sampai 9,1. Tanah-tanah yang lebih asam, pH 6,0, mungkin mengurangi sama sekali organisme ini, walaupun bakteri pendekomposisi selulosa lain sanggup berkembang pada pH 5,0 - 6,0. Aktinomisetes tumbuh dan berkembang pada pH 5,5 - 9,5, sedangkan fungi berkembang pada tingkatan reaksi yang lebih leluasa, pada pH 3,0 - 9,5. *Trichoderma* (yang juga pendekomposisi selulosa) sanggup berkembang pada pH 2,1 - 2,5. (Yutono, 1989)

Tersedianya oksigen berpengaruh pula atas sifat sifat/keadaan perkembangan berbagai jasad renik yang terlibat dalam dekomposisi selulosa di dalam lapisan bawah tanah tertentu, antara lain dalam kecepatan aktivitasnya.

Pada jerami gandum yang sudah dipanen (pada tingkat pertumbuhan yang berbeda) dekomposisi selulosa dan hemiselulosa, gambarannya dapat dikemukakan dalam Tabel 19, seperti yang dikemukakan oleh Gerretsen dan Waksman (dalam Kusnawidjaya, 1983). Kalau tanaman muda dan kandungan selulosa, lignin rendah dekomposisinya demikian cepat, sebanyak 56,3 prosen dari keseluruhan jumlah bahan dapat dihancurkan berbagai jasad renik dalam 59 hari.

Effek penambahan Nitrogen berpengaruh terhadap peningkatan dekomposisi selulosa dan hemiselulosa. Beberapa transformasi lainnya berlangsung dalam proses dekomposisi bahan tanaman yang kompleks.

Lignin merupakan bahan-bahan tanaman yang kompleks dan ditemukan dalam semua tanaman dalam konsentrasi yang berlainan (tergantung dari sifat atau keadaan tanaman dan tingkat kedewasaannya) antara 5 sampai 30 prosen, yang keadaannya lebih dewasa kandungan ligninnya lebih banyak, sedang tanaman-tanaman muda mempunyai kandungan lignin lebih sedikit (Sutedjo dkk, 1991)

Apabila tanaman-tanaman diserang oleh mikroorganisme tanah, hanya dirusak saja dengan luas kerusakan sangat terbatas, terutama jika berlangsung dalam tanaman-tanaman dewasa serta di bawah kondisi-kondisi dekomposisi anaerobik. Sebagai suatu hasil, lignin sangat menyumbang pada pembentukan humus dalam tanah, dalam kompos, dan dalam tanah-tanah gambut berlumpur (Yutono, 1989).

Di bawah kondisi-kondisi aerobik, lignin tidak sepenuhnya bertahan dalam dekomposisi, tetapi dengan cara berangsur-angsur teroksidasi. Keadaan yang tepat bagi organisme-organisme melibatkan dalam oksidasi sejumlah lignin di dalam tanah dan keadaan dari bentukan produk-produk tidak sepenuhnya dimengerti. Diketahui bahwa organisme-organisme tertentu, seperti fungi tingkat lebih tinggi, termasuk beberapa bentuk penghancur kayu, berkemampuan menyerang lignin dengan sangat cepat.

Sutedjo dkk (1991) membedakan dua proses dalam dekomposisi kayu oleh fungi, disebutnya "proses penghancuran" dan "proses pengkaratan". Dalam penghancuran

selulosa didekomposisi, sedang lignin berakumulasi, organisme-organisme seperti *Merulius lacrymans* dan spesies dari *Coniophora*, *Poria* dan *Lenzites* melibatkan dalam proses ini. Dalam pengkaratan, lignin dan selulosa diserang, *Polyporus annosus* berperan penuh bagi proses ini dalam kayu sejenis cemara (*spruce wood*). *Trametes pini* menyerang lignin dalam kayu cemara. Dalam penghancuran kayu, selulosa menurun dari 56 persen dalam bahan asal menjadi 7,8 persen, sedangkan lignin meningkat yaitu dari 23,5 persen menjadi 56,5 persen, dalam pengkaratan lignin tersebut menurun yaitu dari 23,5 persen menjadi 15,1 persen dan selulosa dari 56 persen menjadi 48,2 persen. Beberapa fungi lain, seperti *Stereum rugosum* berkemampuan menyerang lignin. *Agaricus nebularis* menghancurkan lignin, selulosa dan pentosan, sedang *Coniophora cerebella* berkemampuan mendekomposkan selulosa tetapi tidak terhadap lignin.

Fungi rumah yang umum dimakan, seperti *Psalliota campestris* berkemampuan memanfaatkan lignin bagi nutrisinya. Dalam waktu 51 hari, sekitar 18 persen dari lignin dimanfaatkannya dari dalam kompos dan hanya 14,5 persen dari selulosa didekomposnya. fungi lain tingkat tinggi, seperti *Coprinus* juga berkemampuan menyerang lignin dari kotoran kuda yang masih segar, *C. radinus* dalam waktu 51 hari menghilangkan 22 persen dari total lignin dan 70 persen dari selulosa.

Menurut Yutono, (1989) dan Sutedjo dkk (1991). lignin sangat resisten terhadap serangan mikroorganisme. Karena lignin melapisi serat-serat selulosa dalam dinding sel tanaman, maka berakibat menghambat proses peruraian, karena akan menghalangi penyerangan oleh mikroorganisme. Peruraian selulosa yang mengandung 15 prosen lignin akan mengurangi laju pernguraian hingga 20 - 30 prosen.

Lignin membentuk senyawa-senyawa kimiawi atau alami tertentu dengan selulosa-selulosa. Akan tetapi sementara ada yang mengakui bahwa selulosa dan karbohidrat lain tidak membentuk sesuatu senyawa kimiawi dengan lignin dan tidak dapat sekalipun membentuk sesuatu campuran yang homogen. Konsep demikian diperkuat dengan fakta bahwa kandungan lignin pada tanaman-tanaman sangat berubah-ubah, tergantung pada tanaman dan pada tingkat atau keadaan pertumbuhan, dan bahkan mungkin berbeda dalam berbagai jaringan dari tanaman yang sama (Sutedjo dkk, 1991).

2.7 Peranan Mikroorganisme terhadap Pengomposan

Alexander (1977) mengemukakan bahwa kompos merupakan suatu tempat dengan kedinamikaan di mana interaksi biologi terjadi. Selanjutnya untuk menilai peranan yang dimainkan oleh berbagai kelompok mikroorganisme di dalam kompos adalah, dengan mengetahui perubahan-perubahan biokimia dan luasnya keragaman kehidupan mikroorganisme.

Menurut Sardjoko (1991) bermacam macam mikroorganisme seperti jenis bakteri, aktinomisetes, fungi, protozoa dan cacing dapat membantu proses pengomposan. Hal ini dapat dibuktikan adanya proses alami dari kompos.

Beberapa mikroorganisme mampu menghasilkan enzim selulase yang menghidrolisis selulosa dari bahan tanaman (Winarno, 1983). Selanjutnya menurut Kusnawidjaja, (1983) enzim berpengaruh dalam pengomposan.

Mikroorganisme selulolitik mengeluarkan enzim selulolitik yang dapat mempercepat hidrolisis selulosa dan polisakarida lain yang terdapat dalam bahan kompos. Perubahan bahan juga melepaskan beberapa unsur hara seperti N, P dan K. Unsur hara ini kemudian dimanfaatkan mikroorganisme untuk metabolisme tubuhnya. Aktivitas mikroorganisme meningkat dan proses perombakan semakin meningkat. Sebagian karbon yang dilepaskan dalam bentuk gula sederhana diambil mikroorganisme dan sisanya dilepaskan ke lingkungan dalam bentuk gas CO_2 , sehingga kandungan C bahan menurun dan perbandingan C dan N atau perbandingan C/N akan berkurang. Selanjutnya dikemukakan pula bahwa sejumlah besar bakteri dan fungi biasanya menghidrolisis hemiselulosa. Namun masing-masing mikroorganisme menunjukkan variasi yang sangat besar terhadap kemampuan menghidrolisis hemiselulosa.

Menurut penelitian Hutasoit dan Toharisman (1992), limbah padat yang dikomposkan dengan penambahan

Bacillus stearothermophilus melapuk lebih cepat. Hal ini terlihat dari nilai perbandingan C/N yang menurun jauh lebih cepat pada percobaan pemberian bakteri dibanding tanpa pemberian bakteri pada umur pengamatan yang sama.

Menurut Sabngiarso (1992) *Pseudomonas* yang diinokulasikan pada sampah kota mampu tumbuh dengan baik selama delapan minggu masa inkubasi. Ini membuktikan bahwa mikroorganisme tersebut mampu mendegradasi komponen limbah padat tersebut.

BAB III. KERANGKA KONSEP PENELITIAN DAN HIPOTESIS

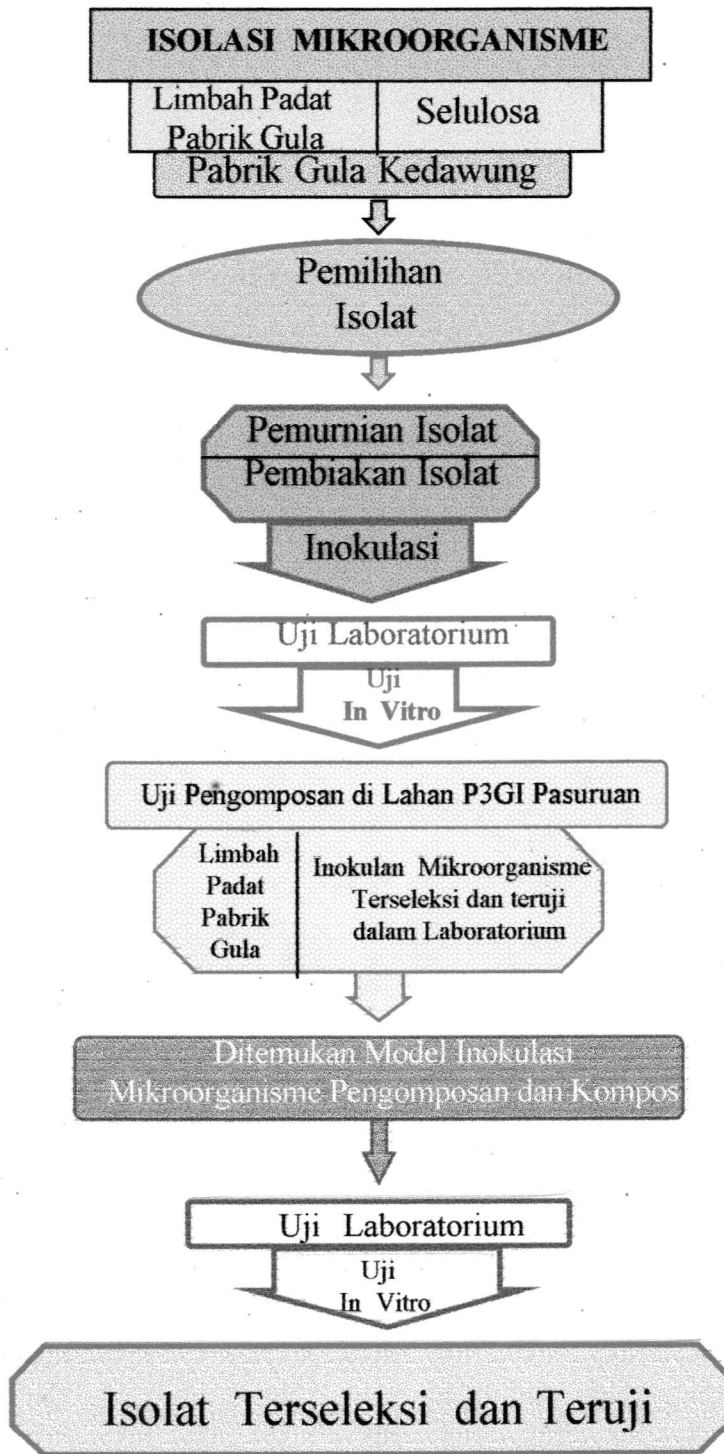
3.1 Kerangka Konsep Penelitian

Limbah padat pabrik gula khususnya ampas yang mengandung selulosa sulit didegradasi oleh mikroorganisme sehingga proses pengomposan secara alami berlangsung lama dan kualitas kompos yang dihasilkan rendah. Di antara mikroorganisme yang terdapat didalam limbah padat khususnya ampas, ada yang mampu mempercepat proses pengomposan limbah padat pabrik gula.

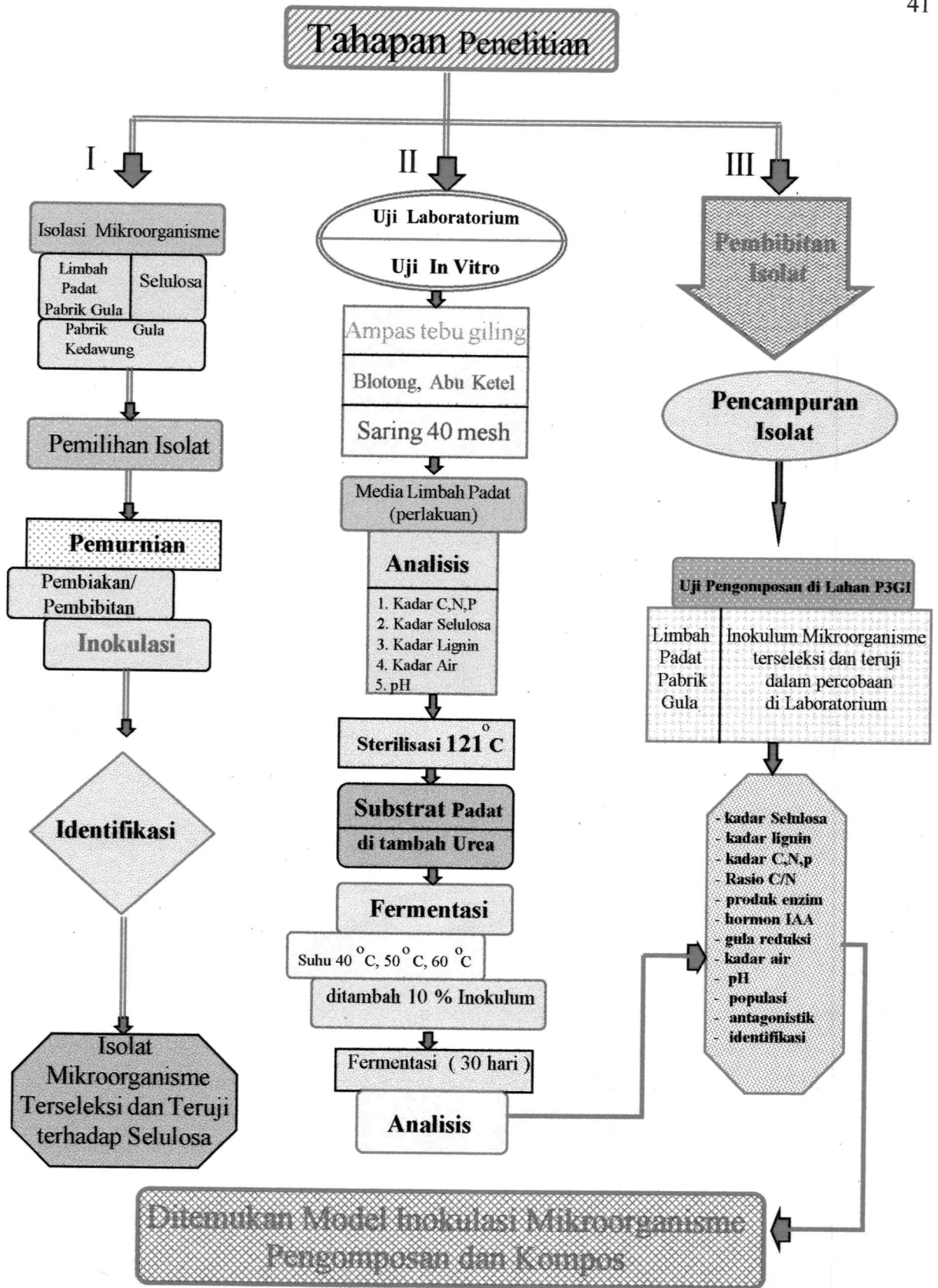
Limbah padat pabrik gula seperti ampas, blotong dan abu ketel dapat dicampur untuk digunakan sebagai bahan pengujian kemampuan mikroorganisme selulolitik menghidrolisis selulosa. Melalui rekayasa mikrobiologi mikroorganisme-mikroorganisme itu dapat dikombinasikan sehingga secara sinergis mampu mempercepat pengomposan dan menghasilkan kompos yang berkualitas baik. Untuk itu perlu pengujian yang teliti tentang potensi, stabilitas dan aktifitas mikroorganisme- mikroorganisme selulolitik yang terseleksi biologisnya dalam menghidrolisis selulosa.

Secara operasional prosedur penelitiannya dapat dipaparkan secara skematis pada Gambar 3.1 Sedangkan tahapan penelitian dapat dibagikan seperti pada Gambar 3.2

RENCANA PENELITIAN



Gambar 3.1 Skema Rencana Penelitian



Gambar 3.2 Tahapan Penelitian

3.2 Hipotesis

1. Inokulum mikroorganisme selulolitik ganda dan tripel hasil isolasi yang sudah diuji dan diseleksi dapat mempercepat penurunan perbandingan C/N pada limbah padat pabrik gula.
2. Ada perbedaan efektivitas pengomposan limbah padat pabrik gula yang diberi inokulum mikroorganisme selulolitik tunggal dengan yang diberi inokulum mikroorganisme selulolitik ganda maupun tripel.
3. Terjadi interaksi antara macam inokulum mikroorganisme selulolitik dengan komposisi limbah padat pabrik gula terhadap proses pengomposan.
4. Kualitas kompos hasil rekayasa biologi sama dengan kompos kualitas pasar dan dapat dipakai sebagai bahan peningkatan kesuburan tanah.

IV. BAHAN DAN METODE PENELITIAN

4.1 Bahan dan Alat

4.1.1 Bahan

Bahan yang digunakan dalam percobaan ini adalah ampas tebu, blotong dan abu ketel yang diperoleh dari Pabrik Gula Kedawung, Pasuruan Jawa Timur. Isolat mikroorganisme yang digunakan adalah mikroorganisme hasil isolasi dari limbah padat Pabrik Gula Kedawung.

Bahan yang digunakan untuk analisis antara lain : Steril trimetil amonia bromida, H_2SO_4 1 N, Aseton, H_2SO_4 72 %, H_3PO_4 85 %, H_2SO_4 pekat (96 %), $K_2Cr_2O_4$ 1 N, defenilamin, $Fe(NH_3)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$, amonium molibdat, amonium vanadat, asam nitrat pekat, potasium dihidrogen fosfat, HCl 5 M, Na_2SO_4 , $CuSO_4$, NaOH 45 %, HCl 0,1 N, fenolptalen 1 %, glukosa anhidrat, asam dinitrosalisilat, NaOH, NaK tartrate, fenol, Na metabisulfit, P_2O_5 , HNO_3 , aquadest.

4.1.2 Alat

Alat yang digunakan dalam proses dan untuk analisis antara lain terdiri dari : fermentor, pendingin tegak, pemanas listrik, open pengering, tanur, timbangan analitik, desikator, labu Erlenmeyer, gelas ukur, buret, pengaduk magnetis, cawan porselin, spektrofotometer, corong gelas, kertas saring, labu Kjeldahl, tabung reaksi, gelas piala, pH meter, cawan Petri.

4.2 Pelaksanaan Penelitian Laboratorium

4.2.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian pendahuluan dilakukan di Laboratorium Bioteknologi P₃GI Pasuruan. Penelitian Laboratorium dan in Vitro dilakukan di Laboratorium P₃GI Pasuruan, dan penelitian Lapang dilakukan di P₃GI Pasuruan Jawa Timur. Isolasi untuk mendapatkan isolat mikroorganisme selulolitik penghidrolisis selulosa dan lignin pada limbah padat pabrik gula dilaksanakan bulan Juni 1994.

Penelitian Laboratorium dan in Vitro dilakukan mulai September 1994 sampai Agustus 1995. Penelitian di lapang dilakukan mulai November 1995 sampai dengan April 1996.

4.2.2 Isolasi dan Seleksi Mikroorganisme

Mikroorganisme selulolitik diisolasi dari tumpukan ampas yang sudah melapuk pada kisaran suhu 45 - 60°C. Metoda pengambilan ampas, secara acak (10 sampel) dari seluruh tumpukan ampas Pabrik Gula Kedawung Pasuruan.

Media yang digunakan dalam isolasi mikroorganisme selulolitik perombak selulosa, untuk bakteri adalah *Hans*, untuk fungi adalah *Asparagine* dan untuk aktinomisetes adalah *Agar Kent Knight* (AKK) dengan komposisi media disajikan pada Tabel 4.1

Isolasi dan seleksi mikroorganisme dilakukan dengan cara:

1. Mengambil ampas tebu seberat 5 gram, kemudian dimasukkan dalam labu Erlenmeyer yang berisi larutan

fisiologis (8,5 gr NaCl/l) sebanyak 100 ml dan selanjutnya digoyang (shaker) dengan kecepatan 136 rpm selama 30 menit.

2. Melakukan pengenceran dengan larutan fisiologis steril dalam tabung reaksi, masing-masing dengan volume 9 ml. Pengenceran dilakukan secara serial sampai tingkat pengenceran 10^{-9} .
3. Menuang hasil pengenceran pada media *Dubos* (Anonim, 1984). Satu ml larutan ini dibiakkan dalam media *Dubos* dan diinkubasikan selama 3 hari pada suhu masing-masing 40° , 50° dan 60° Celcius. Koloni yang tumbuh cepat dan ukurannya besar diisolasi.
4. Menumbuhkan koloni yang terpilih pada media bakteri, fungi dan aktinomisetes (Tabel 4.1) pada agar miring maupun cawan petri dan diinkubasi selama 3 hari pada suhu masing 40° , 50° , 60° Celcius. Kegiatan ini dilakukan berulang-ulang sampai koloni yang diharapkan bentuk dan ukurannya tetap, kecepatan tumbuh, warnanya dan populasinya. Koloni yang terpilih, dikoleksi dalam media agar miring berisi Nutrien Agar (NA). Koloni ini sebagai sumber isolat mikroorganisme selulolitik.

Selanjutnya dilakukan penelitian pendahuluan untuk menentukan isolat yang unggul khususnya kemampuannya dalam menghidrolisis selulosa, lignin dan menurunkan perbandingan C/N serta populasinya pada berbagai macam suhu. Kemudian diuji aktivitas enzim selulolitiknya dan dianalisis

kandungan hormon IAA nya serta mengidentifikasi isolat-isolat yang unggul. Isolat-isolat yang unggul dipergunakan dalam penelitian laboratorium dan lapang.

Tabel 4.1 Komposisi Medium

Jenis Bahan	Dosis per liter
Hans (media bakteri)	
K_2HPO_4	0.5 g
$(NH_4)_2SO_4$	1.0 g
KH_2PO_4	0,5 g
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	0.1 g
$CaCl_2$	0.1 g
NaCl	6.0 g
Eskstrak ragi	0.1 g
Selulosa	10 g
Agar	19 g
pH	7
Aquades	1 liter
Asparagine (media fungi)	
$(NH_4)_2SO_4$	0,5 g
L Asparagine	0,5 g
K_2HPO_4	1,0 g
KCl	0,5 g
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	0,2 g
$CaCl_2$	0,1 g
Ekstrak ragi	0,5 g
Selulosa	10 g
Agar	19 g
pH	6,2
Aquades	1 liter
Agar Kent Knight (media aktinomisetes)	
K_2HPO_4	1.0 g
$NaNO_3$	0,1 g
KCl	0,1 g
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	0,1 g
Selulosa	10 g
Agar	19 g
pH	7 - 7,2
Aquades	1 liter

4.2.3 Pemurnian.

Isolat terbaik hasil isolasi isolat bakteri, fungi dan aktinomisetes berdasarkan populasi dan kemampuan menghidrolisis selulosa pada berbagai macam suhu dimurnikan beberapa kali dengan media khusus isolat tersebut. Pemurnian dilakukan dengan dua cara yaitu dengan biakan miring dan biakan cair. Tabung biakan murni diberi tanda dengan tinta cina, dengan menulis nama isolat dan tanggal inokulasi, kemudian disimpan pada suhu 3°C sampai 5°C.

4.2.4 Percobaan Laboratorium 1. Pengaruh Pengaturan Suhu dan Macam Bakteri terhadap Hidrolisis Limbah Padat Pabrik Gula

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh suhu dan aktivitas bakteri dalam menghidrolisis limbah padat pabrik gula. Ampas tebu yang telah digiling dan disaring dengan menggunakan saringan 40 mesh, dicampur dengan abu dan blotong hasil proses sulfitasi sesuai perlakuan. Campuran limbah padat disterilkan kemudian dimasukkan dalam fermentor sesuai perlakuan, selama 30 hari.

Rancangan penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (R.A.L.) faktorial dan diulang tiga kali.

Faktor I. Limbah padat (L)

L₁ = Ampas 100 %

L₂ = Ampas 75 % + blotong 20 % + abu ketel 5 %

L₃ = Ampas 60 % + blotong 30 % + abu ketel 10 %

L₄ = Ampas 50 % + blotong 40 % + abu ketel 10 %

Faktor II. Suhu inkubasi (S)

$$S_1 = 40^{\circ}\text{C}$$

$$S_2 = 50^{\circ}\text{C}$$

$$S_3 = 60^{\circ}\text{C}$$

Faktor III. Macam inokulum isolat bakteri (B)

$$B_1 = \text{Isolat } C. \textit{speciosa} \text{ BA 9}$$

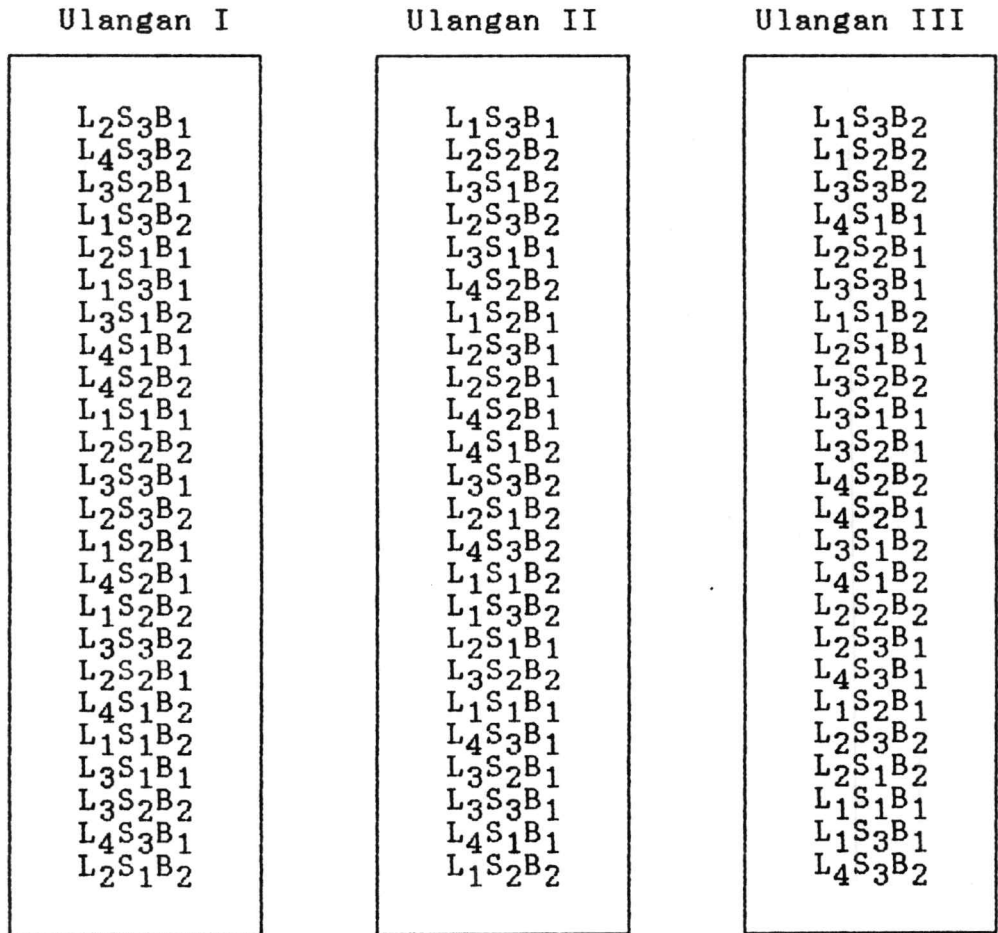
$$B_2 = \text{Isolat } C. \textit{speciosa} \text{ BA 4}$$

Dengan demikian terdapat 24 kombinasi perlakuan yang tercantum pada Tabel 4.2

Tabel 4.2 Kombinasi perlakuan penelitian laboratorium 1

	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	
S ₁	L ₁ S ₁ B ₁	L ₂ S ₁ B ₁	L ₃ S ₁ B ₁	L ₄ S ₁ B ₁	B ₁
S ₂	L ₁ S ₂ B ₁	L ₂ S ₂ B ₁	L ₃ S ₂ B ₁	L ₄ S ₂ B ₁	
S ₃	L ₁ S ₃ B ₁	L ₂ S ₃ B ₁	L ₃ S ₃ B ₁	L ₄ S ₃ B ₁	
S ₁	L ₁ S ₁ B ₂	L ₂ S ₁ B ₂	L ₃ S ₁ B ₂	L ₄ S ₁ B ₂	B ₂
S ₂	L ₁ S ₂ B ₂	L ₂ S ₂ B ₂	L ₃ S ₂ B ₂	L ₄ S ₂ B ₂	
S ₃	L ₁ S ₃ B ₂	L ₂ S ₃ B ₂	L ₃ S ₃ B ₂	L ₄ S ₃ B ₂	

Penempatan masing-masing perlakuan dalam satu ulangan dilakukan secara acak. Setelah dilakukan pengacakan maka susunan letak perlakuan seperti pada Gambar 4.1



Gambar 4.1 Denah Penelitian Laboratorium 1

4.2.5 Penelitian Laboratorium 2. Pengaruh Pengaturan Suhu dan Macam Fungi terhadap Hidrolisis Limbah Padat Pabrik Gula

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh suhu dan aktivitas fungi dalam menghidrolisis limbah padat pabrik gula. Ampas tebu yang telah digiling dan disaring dengan menggunakan saringan 40 mesh dicampur dengan abu dan blotong sesuai perlakuan. Campuran limbah padat disterilkan kemudian dimasukkan dalam fermentor sesuai perlakuan selama 30 hari.

Rancangan penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (R.A.L.) faktorial dan diulang tiga kali.

Faktor I. Limbah padat (L)

L_1 = Ampas 100 %

L_2 = Ampas 75 % + blotong 20 % + abu ketel 5 %

L_3 = Ampas 60 % + blotong 30 % + abu ketel 10 %

L_4 = Ampas 50 % + blotong 40 % + abu ketel 10 %

Faktor II. Suhu inkubasi (S)

S_1 = 40°C

S_2 = 50°C

S_3 = 60°C

Faktor III. Macam inokulum isolat fungi (F)

F_1 = Isolat *A. niger* FA 20

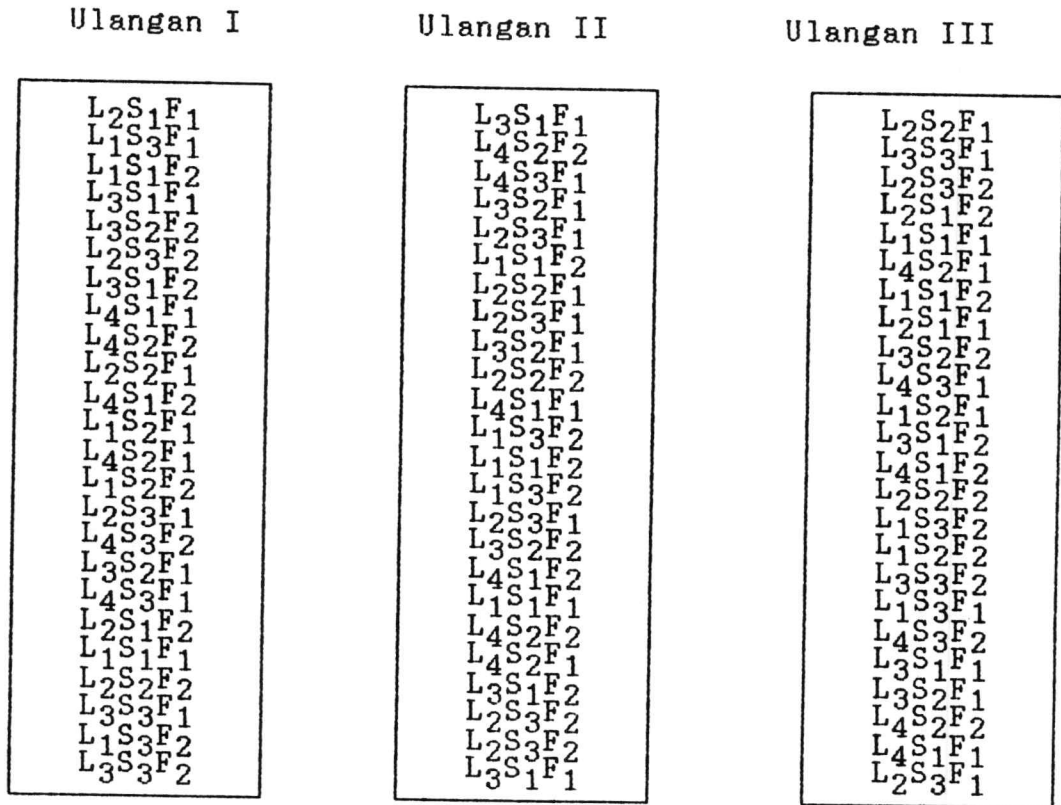
F_2 = Isolat *A. niger* FA 22

Dengan demikian terdapat 24 kombinasi perlakuan yang tercantum pada Tabel 4.3

Tabel 4.3 Kombinasi perlakuan penelitian laboratorium 2

	L_1	L_2	L_3	L_4	
S_1	$L_1S_1F_1$	$L_2S_1F_1$	$L_3S_1F_1$	$L_4S_1F_1$	F_1
S_2	$L_1S_2F_1$	$L_2S_2F_1$	$L_3S_2F_1$	$L_4S_2F_1$	
S_3	$L_1S_3F_1$	$L_2S_3F_1$	$L_3S_3F_1$	$L_4S_3F_1$	
S_1	$L_1S_1F_2$	$L_2S_1F_2$	$L_3S_1F_2$	$L_4S_1F_2$	F_2
S_2	$L_1S_2F_2$	$L_2S_2F_2$	$L_3S_2F_2$	$L_4S_2F_2$	
S_3	$L_1S_3F_3$	$L_2S_3F_3$	$L_3S_3F_3$	$L_4S_3F_3$	

Penempatan masing-masing perlakuan dalam satu ulangan dilakukan secara acak. Setelah dilakukan pengacakan maka susunan letak perlakuan seperti pada Gambar 4.2



Gambar 4.2 Denah Penelitian Laboratorium 2

4.2.6 Penelitian Laboratorium 3. Pengaruh Pengaturan Suhu dan Macam Aktinomisetes terhadap Hidrolisis Limbah Padat Pabrik Gula

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh suhu dan aktivitas aktinomisetes dalam menghidrolisis limbah padat pabrik gula. Ampas tebu yang telah digiling dan

disaring dengan menggunakan saringan 40 mesh dicampur dengan abu dan blotong hasil proses sulfitasi sesuai perlakuan. Campuran limbah padat disterilkan kemudian dimasukkan dalam fermentor sesuai perlakuan selama 30 hari.

Rancangan penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (R.A.L.) faktorial dan diulang tiga kali.

Faktor I. Limbah padat (L)

L_1 = Ampas 100 %

L_2 = Ampas 75 % + blotong 20 % + abu ketel 5 %

L_3 = Ampas 60 % + blotong 30 % + abu ketel 10 %

L_4 = Ampas 50 % + blotong 40 % + abu ketel 10 %

Faktor II. Suhu inkubasi (S)

S_1 = 40°C

S_2 = 50°C

S_3 = 60°C

Faktor III. Macam aktinomisetes (A)

A_1 = Isolat *T. curvata* AA 0

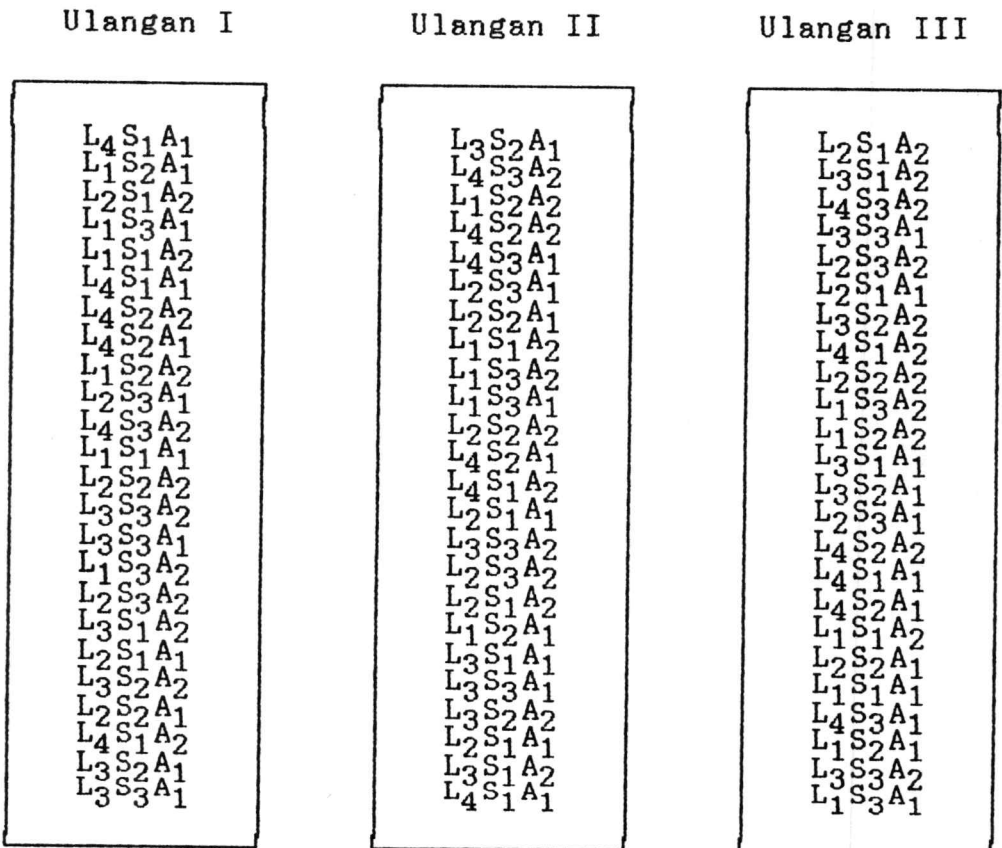
A_2 = Isolat *T. curvata* AA 13

Dengan demikian terdapat 24 kombinasi perlakuan yang tercantum pada Tabel 4.4

Tabel 4.4 Kombinasi perlakuan penelitian laboratorium 3

	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	
S ₁	L ₁ S ₁ A ₁	L ₂ S ₁ A ₁	L ₃ S ₁ A ₁	L ₄ S ₁ A ₁	A ₁
S ₂	L ₁ S ₂ A ₁	L ₂ S ₂ A ₁	L ₃ S ₂ A ₁	L ₄ S ₂ A ₁	
S ₃	L ₁ S ₃ A ₁	L ₂ S ₃ A ₁	L ₃ S ₃ A ₁	L ₄ S ₃ A ₁	
S ₁	L ₁ S ₁ A ₂	L ₂ S ₁ A ₂	L ₃ S ₁ A ₂	L ₄ S ₁ A ₂	A ₂
S ₂	L ₁ S ₂ A ₂	L ₂ S ₂ A ₂	L ₃ S ₂ A ₂	L ₄ S ₂ A ₂	
S ₃	L ₁ S ₃ A ₂	L ₂ S ₃ A ₂	L ₃ S ₃ A ₂	L ₄ S ₃ A ₂	

Penempatan masing-masing perlakuan dalam satu ulangan dilakukan secara acak. Setelah dilakukan pengacakan maka susunan letak perlakuan seperti pada Gambar 4.3



Gambar 4.3 Denah Penelitian Laboratorium 3

4.2.7 Penganatan

Peubah yang diamati pada penelitian laboratorium 1, 2, dan 3 adalah populasi mikroorganisme, kadar selulosa, kadar lignin, perbandingan C/N pada hari ke 5, 10, 15, 20, 25, dan 30.

4.2.8 Pembibitan Isolat Terseleksi

Biakan induk diremajakan dalam agar miring dengan menggunakan media *Hans* untuk bakteri, *Asparagine* untuk fungi dan *Agar Kent Knight* untuk aktinomisetes dan diinkubasikan pada suhu 45°C selama 2 hari. Biakan agar miring diambil 2 ose dimasukkan ke dalam media cair *Hans* untuk bakteri, *Asparagine* untuk fungi dan *Agar Kent Knight* untuk aktinomisetes pada kapasitas 100 ml, selanjutnya digoyang (shaker) selama 24 jam. Hasil biakan diambil 10 % untuk pembibitan I, dimasukkan pada media cair pertama *Hans* untuk bakteri, *Asparagine* untuk fungi dan *Agar Kent Knight* untuk aktinomisetes, selanjutnya digoyang dengan shaker, kemudian dihitung jumlah sel dengan menggunakan media cair pertama *Hans* untuk bakteri, *Asparagine* untuk fungi dan *Agar Kent Knight* untuk aktinomisetes. Perhitungan dilakukan setiap selang waktu 5 - 12 jam selama 3 hari. Pada saat kurva pertumbuhan mencapai fase logaritmis, diambil 10 % untuk pembibitan II, dimasukkan pada media cair ke dua *Hans* untuk bakteri, *Asparagine* untuk fugi dan *Agar Kent Knight* untuk aktinomisetes, selanjutnya digoyang (shaker), kemudian dilakukan perhitungan jumlah sel pada setiap selang waktu 5 - 12 jam selama 3 hari. Pada saat kurva pertumbuhan mencapai fase logaritmis, diambil 10 prosen untuk diinokulasikan pada substrat padat.

4.2.9 Proses Hidrolisis

Ampas, blotong dan abu ketel masing-masing dengan jumlah sesuai dengan perlakuan dicampur dan dianalisis sesuai perlakuan. Selanjutnya dilakukan analisis kadar C, N, P, gula reduksi, lignin, selulosa dan kadar air.

Kemudian dilakukan penambahan urea sesuai kebutuhan. Selanjutnya ditambah 10 prosen inokulum, diinkubasi pada suhu 40°C, 50°C, 60°C. Fermentasi selama 30 hari, setiap 5 hari dilakukan analisis kadar selulosa, lignin, dan perbandingan C/N .

4.3 Metode Analisis

4.3.1 Kadar C (Cara Walkey-Black) menurut Jackson, 1962

Sampel sebesar 0.05 g dimasukkan dalam labu Erlenmeyer. Selanjutnya digerakkan agar bahan dapat bereaksi seluruhnya. Campuran didiamkan selama 20 - 30 menit. Larutan diencerkan dengan air sebanyak 200 ml, kemudian ditambah 10 ml H₃PO₄ 85 % dan 30 tetes defenilamina. Larutan dititrasi dengan larutan fero 0,5 N. Perubahan warna dari hijau gelap menjadi hijau terang menandakan titik akhir titrasi.

Perhitungan :

$$\% \text{ C Organik} = \frac{(\text{ ml bl } - \text{ ml sp }) \times 3}{\text{ ml bl } \times 0,5} \times \frac{100 + \text{ KA}}{100}$$

4.3.2 Kadar N Total (cara Guning) Sudarnadji, 1984

Bahan 0,7 - 3,5 g yang telah ditumbuk halus dimasukkan ke dalam labu Kjeldahl, menambahkan 10 g K₂SO₄ atau Na₂SO₄ anhidrat, dan 15 - 25 ml H₂SO₄ pekat. Kalau destruksi sukar dilakukan, perlu penambahan 0,1 - 0,3 g

CuSO_4 dan dikocok, kemudian dipanaskan pada pemanas listrik atau api Bunsen dalam almari asam, mula-mula api kecil dan setelah asam hilang api dipanaskan, pemanasan diakhiri setelah cairan menjadi jernih tak berwarna. Blanko dibuat seperti perlakuan tetapi tanpa contoh sampel. Setelah labu Kjeldahl beserta cairannya menjadi dingin kemudian ditambah 200 ml aquades dan 1 g Zn, serta larutan NaOH 45 % sampai cairan bersifat basis. Memasang labu Kjeldahl pada alat destilasi. Memanaskan labu Kjeldahl sampai amonia menguap semua, destilat ditampung pada labu Erlenmeyer yang berisi 100 ml HCl 0,1 N yang sudah diberi indikator phenolptalen 1 % beberapa tetes. Destilasi diakhiri setelah volume destilat 150 ml atau setelah destilat yang keluar tak bersifat basis. Kelebihan HCl 0,1 N dalam destilat dititrasi dengan larutan basa standar (larutan NaOH 0,1)

Perhitungan :

$$\% \text{ N} = \frac{(\text{ ml NaOH bl} - \text{ ml NaOH sp})}{\text{ gram contoh} \times 10} \times \text{ N NaOH} \times 14,008$$

4.3.3 Kadar P (Cara Molibdat - vanadat) Greenberg, Trussel dan Lenore, 1980

Menimbang 5 g sampel di dalam gelas piala 150 ml. Menambahkan 20 ml asam nitrat pekat, kemudian dididihkan selama 5 menit. Kemudian didinginkan dan ditambahkan 5 ml asam sulfat pekat. Memanaskan dan menyempurnakan digestion dengan penambahan HNO_3 setetes demi setetes sampai larutan tak berwarna. Memanaskan sampai timbul asap putih, kemudian didinginkan. Menambahkan 15 ml aquades

dan dididihkan lagi selama 10 menit. Mendinginkan, kemudian larutan dipindah ke dalam labu takar 250 ml. Membilas sampai bersih gelas piala, memasukkan bilasan dalam labu takar. Mengencerkan larutan dalam labu takar 100 ml. Menambahkan 40 ml aquades dan 25 ml pereaksi vanadat-molibdat. Mendinginkan larutan selama 10 menit, kemudian mengukur absorbansinya dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 400 nm. Mencatat konsentrasi fosfor dari kurva standard berdasarkan absorbansi yang terbaca.

Perhitungan :

$$\% \text{ fosfor dalam sampel (P}_2\text{O}_5) = \frac{C \times 2,5}{W}$$

C = Konsentrasi Fosfor dalam sampel (mg/100 ml) yang terbaca dari kurva standard.

W = Berat sampel yang digunakan.

4.3.4 Penentuan Gula Reduksi (metode DNS) Apriyanto, 1989

4.3.4.1 Penentuan Kurva Standar

Glukosa anhidrat sebesar 1 g dimasukkan kedalam labu 1 liter dan larutkan dengan H₂O lalu ditepatkan sampai tanda garis. Mengambil dari larutan di atas 1; 2; 4; 6; 8 ml dimasukkan pada tabung reaksi dan diencerkan sampai 10 ml. Dari masing-masing larutan di atas diambil 1 ml dan dimasukkan dalam tabung reaksi dan diencerkan sampai 10 ml. Mengambil 1 ml Larutan glukosa anhidrat dengan konsentrasi 1 g/l , tambahkan larutan DNS (dinitrosalisilat) 3 ml pada masing-masing tabung dan memanaskan selama 5 menit dan kemudian dinginkan. Menambahkan 5 ml aquades, diukur absorbansinya pada

panjang gelombang 550 nm dengan menggunakan aquades sebagai blanko. Hasil yang diperoleh sebagai bahan untuk membentuk kurva standard.

4.3.4.2 Penentuan Gula Reduksi

Menimbang contoh lebih kurang 8 g di masukkan ke dalam labu 100 ml lalu menepatkan H_2O sampai tanda. Larutan harus jernih dan apabila keruh dilakukan sentrifuge. Mengambil 1 ml larutan contoh yang jernih ke dalam tabung reaksi yang bersih. Menambahkan 3 ml reagen DNS (dinitrosalisilat), Panaskan selama 5 menit dan kemudian mendinginkan. Menambahkan 5 ml aquades. Mengukur absorbansinya pada panjang gelombang 550 nm dengan menggunakan aquades sebagai blanko. Jumlah gula reduksi ditentukan berdasarkan OD (optical density) contoh dan kurva standar larutan glukosa.

4.3.5 Kadar Selulosa menurut metode Klakson (Anonymous 1970 dan Apriyanto, 1989

Sampel bentuk tepung lolos ayakan 30 mesh ditimbang sebanyak 1 gr, dimasukkan ke dalam erlenmeyer. Menambahkan 100 ml larutan ADF, mendidihkan pada pendingin tegak selama 60 menit. Menyaring dengan filter gelas 2-G-3, mencuci endapan yang diperoleh dengan aquades panas beberapa kali. Endapan dicuci lagi dengan aseton beberapa kali. Filter gelas dikeringkan di dalam oven $100^{\circ}C$ sampai diperoleh berat tetap (sekitar 8 jam) dan menimbang. Endapan diabukan pada tanur yang bersuhu $450^{\circ}C$ - $500^{\circ}C$ hingga memperoleh berat yang tetap (sekitar 3 jam) dan selanjutnya ditimbang.

Perhitungan :

$$\% \text{ Kadar ADF} = \frac{(a - b)}{(W)} \times 100$$

a = berat filter dan endapan setelah dikeringkan (g)

b = berat filter dan endapan setelah diabukan (g)

W = berat awal sampel (g)

% kadar selulosa = selisih kadar ADF dan kadar lignin.

4.3.6 Kadar Lignin menurut metode Klakson (Anonymous, 1970 dan Apriyanto, 1989)

Sampel berbentuk tepung lolos saringan 30 mesh ditimbang sebanyak 0,5 g, dimasukkan ke dalam Erlenmeyer labu didih. Menambahkan 100 ml ADF. Refluks pada pendingin tegak selama 60 menit. Menyaring dengan filter gelas 2-G-4. Menempatkan filter gelas yang berisi residu pada gelas piala 100 ml. Menambahkan 25 H₂SO₄ 72 % dingin (15°C) ke dalam filter gelas, mengaduk dengan pengaduk sampai terbentuk pasta halus. Gelas pengaduk dibiarkan di dalam filter gelas. Membiarkan selama 3 jam pada suhu 20° - 23°C sambil diaduk-aduk setiap jam. Dengan bantuan vakum dilakukan penyaringan, mencuci residu dengan air panas sampai filter bebas asam. Mencuci gelas pengaduk dan bagian pinggir filter dengan air panas. Residu dibilas dengan aseton 2 - 3 kali. Filter gelas dikeringkan di dalam oven 100°C sampai memperoleh berat tetap, dan memasukkan dalam desikator lalu ditimbang. Filter dimasukkan ke dalam tanur 450°C - 500°C sampai memperoleh berat tetap, dibiarkan agak dingin kemudian dimasukkan desikator dan ditimbang, dengan cara Perhitungan :

$$\% \text{ kadar Lignin} = \frac{a - b}{W} \times 100$$

a = berat filter dan residu setelah dikeringkan (g)

b = berat filter dan residu setelah diabukan (g)

W = berat awal sampel

4.3.7 Analisis Kadar Air (Anonymous, 1970 dan Ranggana, 1979)

Menimbang contoh berupa serbuk sebanyak 1 g dalam botol timbang yang telah diketahui beratnya. Kemudian dikeringkan dalam oven 100°C - 105°C selama 3 jam. Selanjutnya didinginkan dalam desikator dan ditimbang. Perlakuan diulang sampai berat konstan. Pengurangan berat merupakan banyaknya air dalam bahan.

4.3.8 Penentuan pH (Anonymous, 1970)

Standarisasi pH meter dengan menggunakan larutan bufer pH 4 kemudian dengan pH 7. Mencuci elektroda dengan aquades terlebih dahulu kemudian memasukkan dalam larutan sampel (2 g dilarutkan dalam 10 ml aquades). Angka yang ditunjukkan merupakan besarnya pH dari sampel.

4.3.9 Penetapan Jumlah Sel

Populasi mikroorganisme dalam media maupun dalam karier dapat diketahui dengan menggunakan metode pendekatan uji media *Hans* untuk bakteri, uji media *Asparagine* untuk fungi dan uji media *Kent Knight* untuk aktinomisetes.

4.4 Pelaksanaan Penelitian di Lapang

4.4.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan bulan November 1995 di lahan P₃GI Pasuruan Jawa Timur. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah mikroorganisme terbaik yang dihasilkan pada penelitian laboratorium juga berpengaruh baik terhadap

hidrolisis selulosa dan lignin pada limbah padat pabrik gula.

4.4.2 Rancangan Penelitian.

Penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok (R A K) Faktorial yang terdiri dari dua faktor dan diulang tiga kali.

Faktor I : Macam inokulum mikroorganisme (M)

- M₁ = Tanpa inokulum mikroorganisme
- M₂ = Inokulasi isolat *C. speciosa* BA 9
- M₃ = Inokulasi isolat *A. niger* FA 22
- M₄ = Inokulasi isolat *T. curvata* AA 0
- M₅ = Inokulasi isolat *C. speciosa* BA 9 dan isolat *A. niger* FA 22
- M₆ = Inokulasi isolat *C. speciosa* BA 9 dan isolat *T. curvata* AA 0
- M₇ = Inokulasi isolat *A. niger* FA 22 dan isolat *T. curvata* AA 0
- M₈ = Inokulasi isolat *C. speciosa* BA 9, isolat *A. niger* FA 22 dan isolat *T. curvata* AA 0

Faktor II. Komposisi Limbah Padat (L) terdiri 4 taraf :

- L₁ = Ampas 100 %
- L₂ = Ampas 75 % + blotong 20 % + abu ketel 5 %
- L₃ = Ampas 60 % + blotong 30 % + abu ketel 10 %
- L₄ = Ampas 50 % + blotong 40 % + abu ketel 10 %

Dengan demikian terdapat 32 kombinasi perlakuan, yang tercantum pada Tabel 4.5

Tabel 4.5 Kombinasi Perlakuan Penelitian di Lapang

	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄
M ₁	M ₁ L ₁	M ₁ L ₂	M ₁ L ₃	M ₁ L ₄
M ₂	M ₂ L ₁	M ₂ L ₂	M ₂ L ₃	M ₂ L ₄
M ₃	M ₃ L ₁	M ₃ L ₂	M ₃ L ₃	M ₃ L ₄
M ₄	M ₁ L ₁	M ₄ L ₂	M ₄ L ₃	M ₄ L ₄
M ₅	M ₅ L ₁	M ₅ L ₂	M ₅ L ₃	M ₅ L ₄
M ₆	M ₆ L ₁	M ₆ L ₂	M ₆ L ₃	M ₆ L ₄
M ₇	M ₇ L ₁	M ₇ L ₂	M ₇ L ₃	M ₇ L ₄
M ₈	M ₈ L ₁	M ₈ L ₂	M ₈ L ₃	M ₈ L ₄

Penempatan masing-masing faktor dalam satu ulangan dilakukan secara acak. Setelah dilakukan pengacakan maka susunan letak perlakuan seperti pada Gambar 4.4

4.4.3 Pelaksanaan

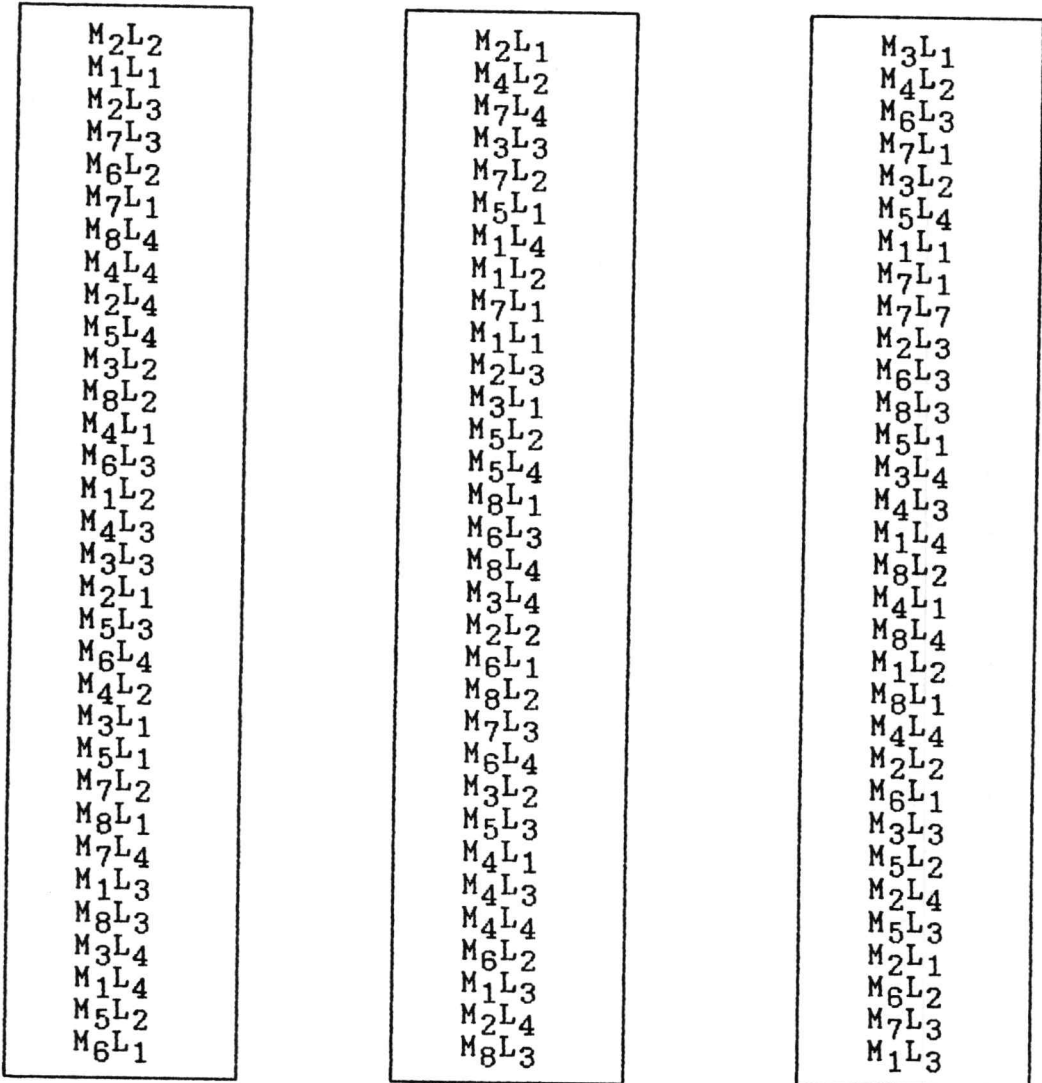
Limbah padat pabrik gula yang berupa ampas, blotong dan abu ketel dari proses pengolahan tebu diambil dan selanjutnya disusun seperti perlakuan yang telah ditentukan.

Untuk memudahkan pelaksanaan pengaturan dilapang, maka banyaknya limbah padat ditentukan berdasar volume (alat timba). Ampas satu timba beratnya 2 kg, untuk blotong 8 kg dan abu ketel satu timba beratnya 4 kg. Pada perlakuan ampas 100 prosen maka jumlah ampas sebanyak 100 timba.

Ulangan I

Ulangan II

Ulangan III



Gambar 4.4 Denah Percobaan Lapang

Dengan demikian berat limbah padat setiap tumpukan lebih kurang 200 kg sampai 460 kg (sesuai dengan perlakuan).

Ukuran tumpukan limbah padat dalam setiap level perlakuan kurang lebih 2 x 2 x 2 meter. Pelaksanaan

inokulasi yaitu setiap 1 kwintal limbah padat pabrik gula diinokulasi mikroorganisme selulolitik (sesuai perlakuan) sebanyak 1 kilogram inokulum dalam bentuk padat (starter). Agar inokulum mikroorganisme merata dalam setiap level perlakuan, maka pemberiannya diaduk sedemikian rupa sehingga inokulum mikroorganisme selulolitik tercampur dengan baik. Pelaksanaan pemberian inokulum mikroorganisme selulolitik (sesuai perlakuan) dalam bentuk padat, harus diselesaikan dalam waktu satu hari. Dengan demikian persediaan inokulum mikroorganisme selulolitik harus dipersiapkan sedemikian rupa sehingga waktu inokulasi tinggal mencampur saja.

4.4.4 Pengamatan

Peubah yang diamati dalam penelitian di lapang ini meliputi :

- (1). Perbandingan C/N setelah pengomposan pada pengamatan 10, 20, 30, 60, 90, 120 dan 150 hari.
- (2). Kadar C, N, P (awal dan akhir pengamatan)
- (3). Kadar selulosa (awal dan akhir pengamatan)
- (4). Kadar lignin (awal dan akhir pengamatan)

4.5 Produksi Enzim Selulolitik pada Media Cair (Wang dan Hesseltime, 1965)

Tepung kedelai sebanyak 1 g ditambah air 50 ml, kemudian disterilkan pada suhu 121°C selama 20 menit. Setelah itu diinokulasi isolat terseleksi dan teruji dengan

pengenceran 10 dan diputar (centrifuge) dengan kecepatan 150 rpm pada suhu 28° C. Aktivitas enzim selulolitik dari isolat bakteri, fungi dan aktinomisetes diukur pada hari ke satu sampai hari ke sepuluh.

4.6 Identifikasi Mikroorganisme

Berdasar hasil penelitian di Laboratorium dan di lapang, maka yang berpengaruh positif terhadap perombakan selulosa diidentifikasi dengan uji morfologi sel, ciri biakan dan ciri fisiologis. Adapun yang diamati meliputi :

- a. morfologi sel terdiri :
 - (1). Bentuk
 - (2). Reaksi Gram
 - (3). Motilitas
 - (4). Pewarnaan khusus.
- b. ciri biakan terdiri pertumbuhan pada :
 - (1). Kaldu nutrien
 - (2). Persyaratan akar oksigen
 - (3). Pigmen.
- c. ciri fisiologis dengan uji :
 - (1). Indol
 - (2). Sitrat
 - (3). Urease

4.7 Uji Antagonistik Secara in Vitro

Uji antagonistik di antara ketiga mikroorganisme yang akan dicampur dilakukan dengan metode Patrich (1954) dalam

Johnson *et al.*, (1959).

Pada salah satu cawan sisi Petri yang berisi medium NA (Nutrien Agar) dioleskan biakan isolat fungi *Aspergillus niger*. Disisi yang berlawanan dari goresan tadi ditaruh biakan bakteri *Cellvibrio speciosa* dengan jarak 3 Cm. Setelah diinkubasi selama dua hari, pertumbuhan mikroorganisme selulolitik tersebut diamati.

Peubah yang diamati adalah pertumbuhan koloni bakteri, fungi dan aktinomisetes serta prosentase penghambatan bakteri oleh fungi dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$P = \frac{r_1 - r_2}{r_1} \times 100 \% \text{ dimana,}$$

P = prosentase hambatan

r1 = jari-jari koloni isolat bakteri yang menjauhi biakan isolat fungi

r2 = jari-jari koloni isolat bakteri yang mendekati biakan isolat fungi.

Prosentase penghambatan bakteri oleh aktinomisetes dan penghambatan fungi oleh aktinomisetes digunakan rumus yang sama. Hasil analisis ini dimaksudkan untuk membantu memperkuat pendapat, bahwa isolat mikroorganisme selulolitik yang ditemukan tidak bersifat antagonistik.

V. HASIL PENELITIAN

5.1 Isolasi Isolat Mikroorganisme

5.1.1 Isolasi Bakteri Selulolitik

Berdasarkan hasil isolasi sampai pada tahapan pemurnian dengan media padat maupun cair, pada suhu 40°C, 50°C, 60°C dengan waktu inkubasi 48 jam ditemukan 12 isolat terseleksi (Tabel 5.1).

Tabel 5.1 Populasi Isolat Bakteri Selulolitik dengan Inkubasi 48 jam pada Suhu 40°C, 50°C dan 60°C

Kode Isolat	Suhu Inkubasi (°C)		
	40	50	60
BA 1	45 x 10 ⁹	12 x 10 ⁹	36 x 10 ⁹
BA 3	77 x 10 ⁹	13 x 10 ⁹	77 x 10 ⁹
BA 4	111 x 10 ⁹	40 x 10 ⁹	11 x 10 ⁹
BA 5	93 x 10 ⁹	33 x 10 ⁹	2 x 10 ⁹
BA 7	83 x 10 ⁹	60 x 10 ⁸	16 x 10 ⁹
BA 8	116 x 10 ⁹	77 x 10 ⁸	11 x 10 ⁹
BA 9	113 x 10 ⁹	93 x 10 ⁹	6 x 10 ⁹
BA 13	93 x 10 ⁹	33 x 10 ⁹	11 x 10 ⁹
BA 15	77 x 10 ⁹	93 x 10 ⁸	10 x 10 ⁹
BA 18	105 x 10 ⁹	111 x 10 ⁸	4 x 10 ⁹
BA 24	83 x 10 ⁹	63 x 10 ⁸	12 x 10 ⁹
BA 26	95 x 10 ⁹	90 x 10 ⁸	13 x 10 ⁹

5.1.2 Seleksi Isolat Bakteri Selulolitik

Untuk membuktikan isolat yang diperoleh mempunyai kemampuan menghidrolisis selulosa dan lignin tinggi dan stabil serta penurunan perbandingan C/N dilakukan pengujian dengan metode fermentasi padat. Pengujian terhadap 12 isolat dengan waktu inkubasi yang berbeda diulang 3 kali. Hasil pengujian terhadap 12 isolat dianalisis. Besarnya

penurunan selulosa dan lignin serta perbandingan C/N yang dihasilkan oleh berbagai macam isolat dan waktu inkubasi disajikan pada Tabel 5.2, 5.3 dan 5.4

Tabel 5.2 Rerata Prosentase Kandungan Selulosa oleh berbagai Macam Isolat dan Waktu Inkubasi

Kode Isolat	Waktu Inkubasi (hari)						
	0	5	10	15	20	25	30
BA 1	0,09	0,41	0,98	1,78	4,16	6,19	10,35
BA 3	0,11	0,39	0,77	1,99	3,78	7,11	10,37
BA 4	0,14	0,77	0,93	2,30	5,11	7,03	11,70
BA 5	0,08	0,49	1,11	3,05	6,01	6,99	9,78
BA 7	0,09	0,81	1,78	2,99	5,65	8,10	11,84
BA 8	0,11	0,92	1,63	2,16	4,78	6,95	13,45
BA 9	0,11	0,95	1,98	3,41	7,16	9,05	16,10
BA 13	0,10	0,85	2,03	3,95	6,92	9,16	17,35
BA 15	0,09	0,43	1,92	2,75	4,18	6,93	10,16
BA 18	0,11	0,63	1,55	2,43	5,11	7,45	11,35
BA 24	0,10	0,56	1,70	3,05	6,10	8,75	13,14
BA 26	0,12	0,78	2,11	4,11	7,05	9,05	14,03

Tabel 5.3 Rerata Prosentase Kandungan Lignin oleh berbagai Macam Isolat dan Waktu Inkubasi

Kode Isolat	Waktu Inkubasi (hari)						
	0	5	10	15	20	25	30
BA 1	0,16	0,35	0,41	0,77	0,99	1,41	1,83
BA 3	0,09	0,33	0,63	0,70	0,88	1,86	3,41
BA 4	0,14	0,36	0,70	0,99	1,19	3,96	9,73
BA 5	0,11	0,30	0,65	0,84	1,05	2,46	7,16
BA 7	0,14	0,40	0,66	0,79	0,93	2,38	6,44
BA 8	0,12	0,33	0,62	0,70	0,84	1,95	2,98
BA 9	0,15	0,35	0,70	0,85	0,99	3,49	8,78
BA 13	0,10	0,40	0,67	0,92	0,87	2,25	6,51
BA 15	0,13	0,32	0,69	0,88	1,09	3,40	7,78
BA 18	0,11	0,41	0,73	0,83	1,16	1,93	5,16
BA 24	0,14	0,39	0,66	0,94	1,17	2,43	4,11
BA 26	0,13	0,41	0,71	0,95	1,25	2,51	4,27

Tabel 5.4 Rerata Perbandingan C/N oleh berbagai macam Isolat dan Waktu Inkubasi

Kode Isolat	Waktu Inkubasi (hari)						
	0	5	10	15	20	25	30
BA 1	130,54	120,35	109,16	83,16	63,70	32,16	21,95
BA 3	145,63	135,70	111,33	79,17	60,10	39,16	21,21
BA 4	129,70	111,35	92,45	80,17	59,43	31,35	14,16
BA 5	112,63	109,42	89,70	79,94	63,60	40,01	16,90
BA 7	129,73	116,35	78,16	69,77	59,70	35,16	20,45
BA 8	116,43	103,45	82,55	74,39	57,60	31,44	32,80
BA 9	136,42	116,37	96,40	68,46	41,70	30,03	15,36
BA 13	128,93	109,33	86,44	70,16	40,35	32,16	28,33
BA 15	141,45	116,40	90,17	70,39	55,16	37,18	15,38
BA 18	132,77	119,77	103,16	78,75	58,75	34,19	14,47
BA 24	123,45	90,99	89,83	69,44	59,44	30,70	20,29
BA 26	119,78	99,08	80,16	73,40	41,40	32,80	23,16

Berdasarkan Tabel 5.2, 5.2 dan 5.3, maka dipilih 4 isolat terseleksi dan teruji yang menunjukkan kemampuan menghidrolisis selulosa dan lignin tinggi dan stabil. Waktu pengamatan umur 30 hari isolat BA 4, BA 15, BA 9 dan BA 18 mampu menurunkan perbandingan C/N terbanyak dengan hasil perbandingan C/N masing-masing 14,16, 15,38, 15,36 dan 14,47. Ada kecenderungan kemampuan menghidrolisis selulosa dan lignin dari 4 isolat terpilih dan teruji, menjadi meningkat serta perbandingan C/N menurun dengan bertambahnya waktu inkubasi.

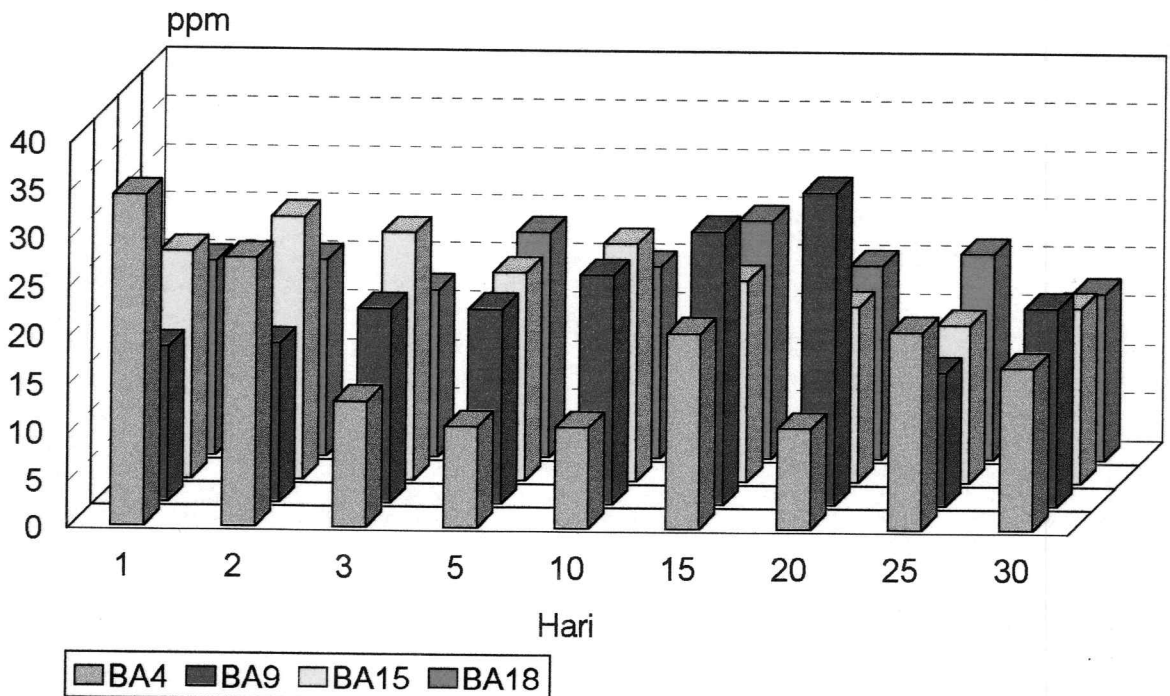
5.1.3 Kandungan Hormon IAA

Kandungan hormon IAA isolat bakteri selulolitik pada media Hans dengan berbagai waktu inkubasi disajikan Tabel 5.5

Tabel 5.5 Hormon IAA yang dihasilkan oleh 4 Isolat pada Media Hans dengan berbagai Waktu Inkubasi

Kode Isolat	Waktu Inkubasi (hari)								
	1	2	3	5	10	15	20	25	30
BA 4	34,29	27,78	13,14	10,61	10,65	20,39	10,63	20,64	16,94
BA 9	16,16	16,58	20,18	20,23	23,74	28,35	32,51	13,94	20,61
BA 15	23,45	27,13	25,56	21,48	24,56	20,78	18,16	16,35	18,16
BA 18	19,95	20,16	17,14	23,18	19,71	24,50	19,92	21,16	17,17

Tabel 5.5 dapat di lihat bahwa isolat BA 4 dan BA 9 menghasilkan hormon IAA tertinggi, masing-masing sebesar 34,29 ppm pada waktu inkubasi 1 hari dan 32,51 ppm pada waktu inkubasi 20 hari. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 5.1



Gambar 5.1 Hormon IAA yang dihasilkan oleh isolat BA 4 ,BA 9 ,BA 15 dan BA 18

5.1.4 Karakteristik Enzim Selulolitik Isolat Bakteri BA 4 dan BA 9

5.1.4.1 Pengaruh Suhu dan Lama Inkubasi terhadap Aktivitas Enzim Selulolitik

Berdasarkan pengujian hidrolisis selulosa, lignin, perbandingan C/N dan hormon IAA yang dihasilkan maka yang diuji lanjut aktivitas enzim hanya ke dua bakteri yaitu isolat bakteri BA 4 dan BA 9. Hasil aktivitas enzim isolat BA 4 dan BA 9 pada berbagai macam suhu untuk waktu inkubasi 5, 10, 20, 25 dan 30 hari disajikan pada Tabel 5.6

Tabel 5.6 Aktivitas Enzim Selulolitik (unit/ml) Isolat Bakteri BA 4 dan BA 9 pada berbagai macam Suhu dan Waktu Inkubasi

Kode Isolat	Suhu (°C)	Waktu Inkubasi (hari)					
		5	10	15	20	25	30
BA 4	40	3,6	3,6	3,0	2,4	3,2	2,8
BA 9		4,0	4,0	4,4	4,0	3,8	4,0
BA 4	50	3,3	3,3	3,0	3,3	3,3	3,3
BA 9		3,3	3,3	3,6	3,6	3,3	3,6
BA 4	60	2,4	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8
BA 9		2,8	3,4	3,6	3,0	2,8	2,8

Tabel 5.6 dapat dilihat bahwa suhu dan lamanya waktu inkubasi mempengaruhi aktivitas enzim selulolitik. Aktivitas enzim yang optimal sebesar 3,6 unit/ml untuk isolat BA 4 memerlukan waktu inkubasi selama 5 dan 10 hari dengan suhu 40°C dan isolat BA 9 sebesar 4,4 unit/ml dengan waktu inkubasi 15 hari dengan suhu 40°C.

5.1.4.2 Pengaruh Suhu dan Waktu Inkubasi terhadap Kadar Protein Enzim Selulolitik

Penentuan kadar protein berdasar pendekatan standar protein (Lampiran 16), enzim selulolitik isolat BA 4 dan BA 9 pada berbagai macam suhu dan lama inkubasi disajikan pada Tabel 5.7

Tabel 5.7 Kadar Protein Enzim Selulolitik ($\mu\text{g/ml}$) Isolat Bakteri BA 4 dan BA 9 pada Berbagai Macam Suhu dan Waktu Inkubasi

Kode Isolat	Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	Waktu Inkubasi (hari)					
		5	10	15	20	25	30
BA 4	40	50,8	48,4	40,1	34,1	43,9	38,6
BA 9		56,8	56,7	60,4	56,9	53,3	56,9
BA 4	50	42,8	48,3	42,1	48,3	48,3	43,4
BA 9		43,0	48,3	52,7	50,3	46,5	50,3
BA 4	60	32,2	38,8	38,1	38,7	37,9	32,5
BA 9		38,6	46,4	49,1	41,6	38,7	39,1

Tabel 5.7 dapat dilihat bahwa suhu dan lama inkubasi berpengaruh terhadap kadar protein enzim selulolitik pada isolat BA 4 dan BA 9. Kadar protein optimal sebesar 50,8 $\mu\text{g/ml}$ dihasilkan oleh isolat BA 4 memerlukan waktu inkubasi selama 5 hari dan suhu 40°C dan isolat BA 9 sebesar 60,4 $\mu\text{g/ml}$ dengan waktu inkubasi 15 hari dan suhu 40°C .

5.1.4.3 Pengaruh Suhu dan Waktu Inkubasi terhadap Aktivitas Spesifik Enzim Selulolitik

Aktivitas spesifik selulolitik isolat bakteri pada berbagai macam suhu dan waktu inkubasi dapat di lihat pada Tabel 5.8

Tabel 5.8 Aktivitas Spesifik Enzim Selulolitik (unit/mg) Isolat Bakteri BA 4 dan BA 9 pada Berbagai Macam Suhu dan Waktu Inkubasi

Kode Isolat	Suhu (°C)	Waktu Inkubasi (hari)					
		5	10	15	20	25	30
BA 4	40	70,4	70,5	72,8	70,3	71,3	70,3
BA 9		70,8	74,3	74,8	69,9	72,9	72,5
BA 4	50	76,7	68,3	68,3	71,6	70,9	71,6
BA 9		77,1	68,3	71,3	68,3	68,3	76,0
BA 4	60	72,5	73,3	73,3	72,1	72,4	71,6
BA 9		74,5	72,3	73,5	72,4	73,9	73,8

Tabel 5.8 dapat dilihat bahwa suhu dan waktu inkubasi berpengaruh terhadap aktivitas spesifik selulolitik. Pada isolat bakteri BA 4 aktivitas selulolitik optimum sebesar 76,7 unit/mg dengan waktu inkubasi 5 hari dan suhu 50°C, sedangkan isolat BA 9 aktivitas spesifik selulolitik sebesar 77,1 unit/mg dengan waktu inkubasi 5 hari dan suhu 50°C.

5.1.5 Identifikasi Isolat Bakteri BA 4 dan BA 9

Identifikasi isolat bakteri BA 4 dan BA 9 dapat dilihat pada Tabel 5.9. Sel isolat bakteri BA 9 disajikan dalam Gambar 2.2

Tabel 5.9 Hasil Identifikasi Isolat Bakteri BA 4 dan BA 9

Ciri-ciri	BA 4	BA 9
Morfologi		
-Bentuk	batang	batang
-Ukuran (μm)	0,85 - 1,90	0,85 - 2,15
-Reaksi gram	-	-
-Warna	pink	merah
Fisilogis		
Produksi asam		
-Urea	+	+
-Citrat	+	+
-Glukosa	+	+/-
-Laktosa	+/-	+/-
-Manitol	+	+
-Maltosa	+	+
-Sukrosa	+/-	+/-
-Reduksi nitrat	+	+/-
-Katalase	-	-
-Endospora	-	-
-Diameter koloni umur 7 hari (mm)	4,0 - 5,0	4,5 - 5,0
Nama spesies	<i>Cellvibrio speciosa</i>	<i>Cellvibrio speciosa</i>

Untuk mempermudah pelaksanaan berikutnya, maka hasil identifikasi isolat bakteri ditulis sebagai berikut.

1. *C. speciosa* BA 4

2. *C. speciosa* BA 9

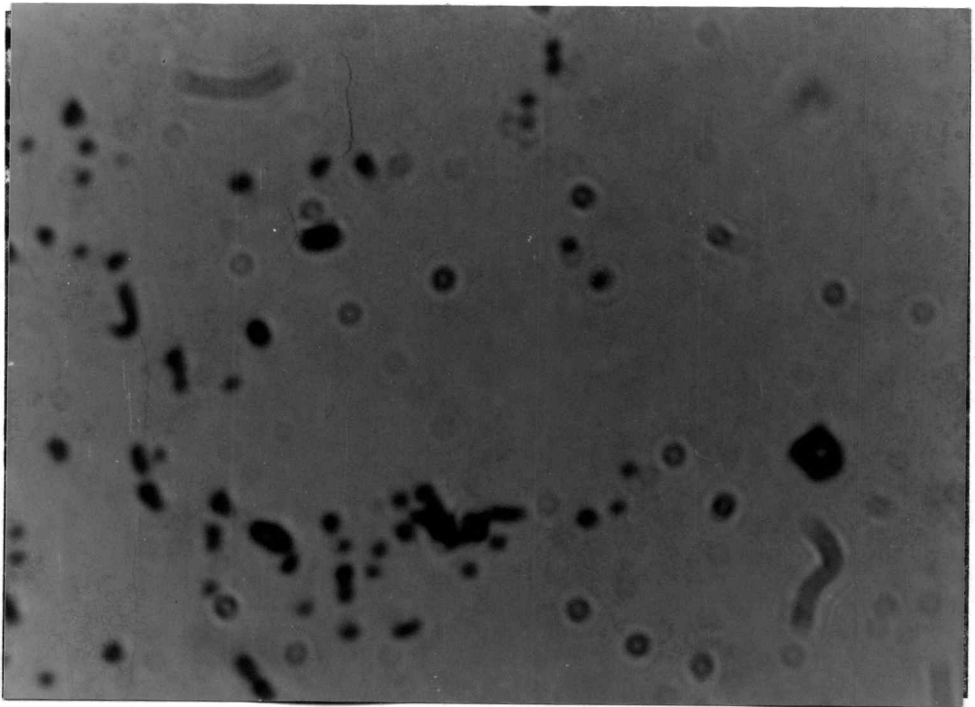
Dasar pemberian kode isolat bakteri tersebut adalah.

C. speciosa = nama spesies

B = isolat bakteri hasil isolasi dari limbah padat

A = nama peneliti

4 dan 9 = nomor urut kode isolat



Gambar 5.2 Morfologi Isolat Bakteri BA 9 pada Perbesaran 400 x

5.1.6 Isolasi Fungi Selulolitik

Berdasarkan hasil penelitian sampai pada tahapan pemurnian dengan media padat maupun cair, pada suhu 40°C, 50°C, 60°C dengan waktu inkubasi 48 jam ditemukan 12 isolat terseleksi (Tabel 5.10).

Tabel 5.10 Populasi Isolasi Fungi Selulolitik dengan Inkubasi 48 jam pada Suhu 40°C, 50°C dan 60°C

Kode Isolat	Suhu Inkubasi (°C)		
	40	50	60
FA 1	63 x 10 ⁹	11 x 10 ⁸	17 x 10 ⁸
FA 5	83 x 10 ⁹	42 x 10 ⁹	11 x 10 ⁹
FA 8	83 x 10 ⁹	36 x 10 ⁹	14 x 10 ⁸
FA 10	97 x 10 ⁹	39 x 10 ⁹	7 x 10 ⁹
FA 14	63 x 10 ⁹	38 x 10 ⁹	9 x 10 ⁹
FA 18	87 x 10 ⁹	46 x 10 ⁹	16 x 10 ⁸
FA 20	196 x 10 ⁹	80 x 10 ⁹	24 x 10 ⁹
FA 22	112 x 10 ⁹	68 x 10 ⁹	39 x 10 ⁹
FA 26	96 x 10 ⁹	50 x 10 ⁸	6 x 10 ⁸
FA 28	83 x 10 ⁹	32 x 10 ⁹	12 x 10 ⁸
FA 31	79 x 10 ⁹	40 x 10 ⁸	4 x 10 ⁸
FA 35	56 x 10 ⁹	29 x 10 ⁹	9 x 10 ⁸

5.1.7 Seleksi Isolat Fungi Selulolitik

Untuk membuktikan isolat yang diperoleh mempunyai kemampuan menghidrolisis selulosa dan lignin tinggi dan stabil serta penurunan perbandingan C/N dilakukan pengujian dengan metode fermentasi padat. Pengujian terhadap 12 isolat dengan waktu inkubasi yang berbeda diulang 3 kali. Hasil pengujian terhadap 12 isolat dianalisis. Besarnya pengujian selulosa dan lignin serta perbandingan C/N yang

dihasilkan oleh berbagai macam isolat dan waktu inkubasi disajikan pada Tabel 5.11, 5.12 dan 5.13

Tabel 5.11 Rerata Prosentase Kandungan Selulosa oleh berbagai Macam Isolat dan Waktu Inkubasi

Kode Isolat	Waktu Inkubasi (hari)						
	0	5	10	15	20	25	30
FA 1	0,26	0,45	1,11	2,05	4,03	4,63	5,69
FA 5	0,23	0,55	1,77	4,49	9,40	14,16	10,34
FA 8	0,45	0,60	1,80	3,50	8,95	13,70	12,98
FA 10	0,12	0,43	1,60	2,90	9,16	14,83	22,35
FA 14	0,35	0,55	1,73	1,45	12,35	14,91	29,96
FA 18	0,17	0,39	1,69	6,70	14,01	15,63	27,54
FA 20	0,30	0,56	1,85	6,95	14,50	6,16	38,82
FA 22	0,25	0,70	1,92	5,11	14,93	16,75	32,59
FA 26	0,14	0,40	1,63	4,45	9,16	15,16	15,31
FA 28	0,19	0,33	0,94	6,63	9,95	16,09	10,83
FA 31	0,20	0,41	0,93	4,70	8,41	16,14	17,78
FA 35	0,18	0,39	0,99	2,93	9,95	15,41	23,56

Tabel 5.12 Rerata Prosentase Kandungan Lignin oleh berbagai Macam Isolat dan Waktu Inkubasi

Kode Isolat	Waktu Inkubasi (hari)						
	0	5	10	15	20	25	30
FA 1	0,05	0,16	0,56	0,95	1,65	2,35	4,95
FA 5	0,11	0,53	0,77	0,99	2,05	3,14	6,97
FA 8	0,09	0,70	0,93	0,93	1,95	3,06	5,00
FA 10	0,13	0,95	0,99	1,78	2,16	2,09	3,87
FA 14	0,19	1,16	1,90	2,06	2,90	3,50	3,69
FA 18	0,08	0,78	1,69	2,90	4,33	6,90	8,64
FA 20	0,16	1,73	2,16	6,17	9,17	11,05	17,29
FA 22	0,33	1,93	3,75	9,13	11,55	17,16	18,14
FA 26	0,16	1,11	2,16	3,95	3,96	4,23	14,43
FA 28	0,09	1,73	4,35	6,09	9,06	11,70	15,31
FA 31	0,08	1,11	3,09	7,06	9,70	12,11	12,16
FA 35	0,17	0,89	4,01	9,03	12,14	13,19	13,76

Tabel 5.13 Rerata Perbandingan C/N oleh berbagai
Macam Isolat dan Waktu Inkubasi

Kode Isolat	Waktu Inkubasi (hari)						
	0	5	10	15	20	25	30
FA 1	120,54	120,16	116,19	80,96	67,63	50,10	32,80
FA 5	145,63	123,17	104,33	77,63	50,16	35,16	29,33
FA 8	129,70	116,93	95,63	80,85	40,19	30,55	20,29
FA 10	112,63	105,16	82,77	63,16	50,33	30,11	20,45
FA 14	129,73	110,33	85,63	79,18	43,19	35,16	23,27
FA 18	116,43	106,78	79,16	63,19	46,10	33,20	28,74
FA 20	136,42	110,33	83,44	65,12	43,05	25,01	14,16
FA 22	128,93	109,42	76,16	60,93	39,16	24,55	14,47
FA 26	141,45	120,03	83,19	70,16	46,13	27,13	15,58
FA 28	132,77	110,03	79,45	62,89	40,12	30,13	23,16
FA 31	123,45	105,63	85,75	70,05	50,33	26,78	16,25
FA 35	119,78	109,93	77,93	69,16	41,33	30,09	19,28

Berdasarkan Tabel 5.11, 5.12 dan 5.13 , maka dipilih 4 isolat terseleksi dan teruji yang menunjukkan kemampuan menghidrolisis selulosa dan lignin tinggi dan stabil serta penurunan perbandingan C/N yang tajam. Waktu pengamatan 30 hari isolat FA 20, FA 22, FA 26 dan FA 31 mampu menurunkan C/N terbanyak, dengan hasil masing-masing 14,16, 14,47, 15,58 dan 16,25. Ada kecenderungan kemampuan menghidrolisis selulosa dan lignin dari isolat terpilih dan teruji menjadi meningkat dan perbandingan C/N menurun dengan bertambahnya waktu inkubasi.

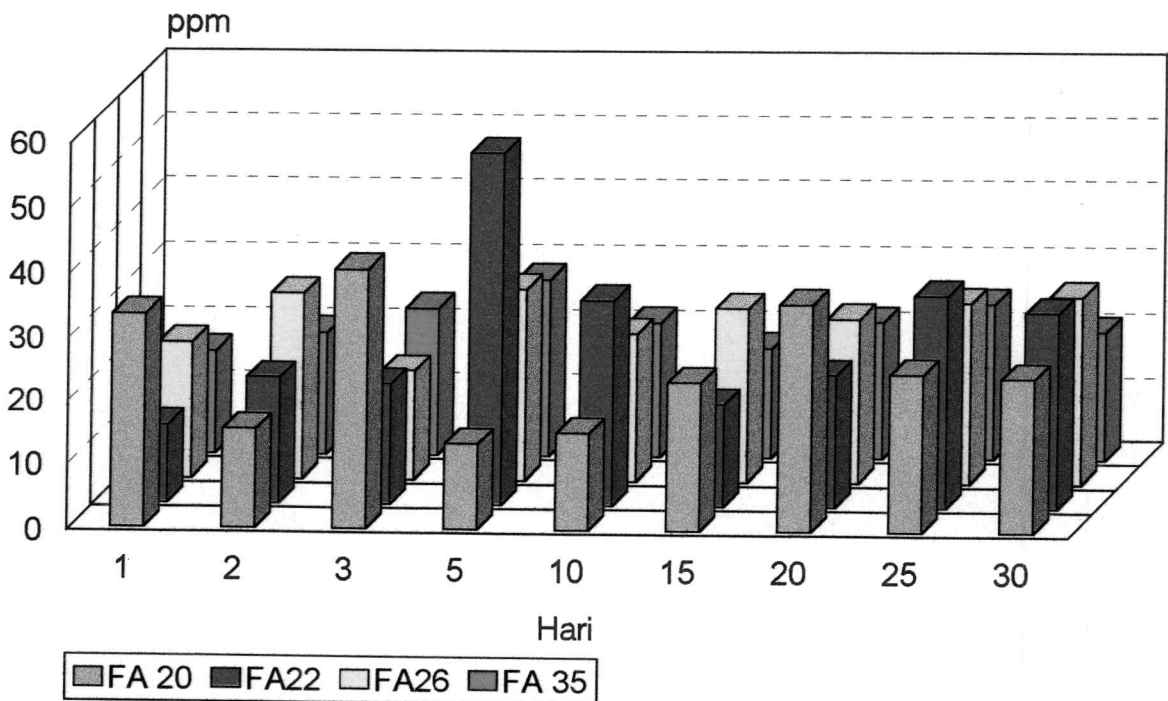
5.1.8 Kandungan Hormon IAA

Kandungan hormon IAA isolat fungi selulolitik pada media *Asparagine* dengan berbagai waktu inkubasi untuk ke 4 isolat fungi terseleksi dan teruji disajikan pada Tabel 5.14

Tabel 5.14 Hormon IAA yang dihasilkan oleh Isolat FA 20, FA 22, FA 26 dan FA 35

Kode Isolat	Waktu Inkubasi (hari)								
	1	2	3	5	10	15	20	25	30
FA 20	33,31	15,17	40,35	13,07	14,90	23,02	35,33	24,47	23,79
FA 22	11,99	19,68	18,78	54,54	32,09	15,84	20,60	33,07	30,40
FA 26	21,45	29,16	17,16	30,01	23,16	27,16	25,63	28,18	29,16
FA 35	16,33	19,35	23,17	27,77	21,16	17,35	21,45	24,35	20,11

Tabel 5.14 dapat dilihat bahwa isolat FA 20 dan FA 22 menghasilkan hormon IAA tertinggi masing-masing sebesar 40,35 ppm dengan inkubasi 3 hari dan 54,54 ppm waktu inkubasi 5 hari. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 5.3



Gambar 5.3 Hormon IAA yang dihasilkan oleh Isolat FA 20 ,FA 22, FA 26 dan FA 35

5.1.9 Karakteristik Enzim Selulolitik Isolat Fungi FA 20 dan FA 22

5.1.9.1 Pengaruh Suhu dan Waktu Inkubasi terhadap Aktivitas Enzim Selulolitik

Hasil analisis hormon IAA terhadap ke 4 isolat yang menghasilkan IAA tertinggi hanya isolat fungi FA 20 dan FA 22. Berdasarkan pengujian selulosa, lignin, penurunan perbandingan C/N dan hormon IAA maka yang diuji lanjut aktivitas enzim hanya ke dua fungi tersebut. Hasil aktivitas enzim isolat FA 20 dan FA 22 pada berbagai macam suhu untuk waktu inkubasi 5, 10, 20, 25 dan 30 hari disajikan pada Tabel 5.15

Tabel 5.15 Aktivitas Enzim Selulolitik (unit/ml) Isolat Fungi FA 20 dan FA 22 pada Berbagai Macam Suhu dan Waktu Inkubasi

Kode Isolat	Suhu (°C)	Waktu Inkubasi (hari)					
		5	10	15	20	25	30
FA 20	40	1,6	3,2	1,8	2,0	1,8	1,6
FA 22		1,6	0,8	2,4	4,2	3,8	1,0
FA 20	50	1,0	3,0	1,6	1,6	1,3	1,3
FA 22		0,7	0,3	1,6	3,6	4,3	2,0
FA 20	60	0,6	2,4	1,4	1,4	0,8	1,0
FA 22		0,4	0,4	1,8	3,2	3,2	1,0

Tabel 5.15 dapat di lihat bahwa suhu dan lamanya waktu inkubasi mempengaruhi aktivitas enzim selulolitik. Aktivitas enzim yang optimal sebesar 3,2 unit/ml untuk isolat FA 20 memerlukan waktu inkubasi selama 10 hari

dengan suhu 40°C dan isolat FA 22 dengan waktu inkubasi 25 hari dengan suhu 50°C menghasilkan aktivitas enzim sebesar 4,3 unit/ml.

5.1.9.2 Pengaruh Suhu dan Lamanya Inkubasi terhadap Kadar Protein Enzim Selulolitik

Penentuan kadar protein berdasar pendekatan standrat protein (Lampiran 16), enzim selulolitik isolat FA 20 dan FA 22 pada berbagai macam suhu dan lama inkubasi disajikan pada Tabel 5.16

Tabel 5.16 Kadar Protein Enzim Selulolitik ($\mu\text{g/ml}$) Isolat Fungi FA 20 dan FA 22 pada Berbagai Macam Suhu dan Waktu Inkubasi

Kode Isolat	Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	Waktu Inkubasi (hari)					
		5	10	15	20	25	30
FA 20	40	25,3	43,8	25,7	27,9	25,3	20,6
FA 22		21,5	10,3	31,7	56,8	53,6	13,8
FA 20	50	12,0	44,4	24,2	22,3	16,8	15,4
FA 22		7,7	4,4	24,2	52,7	58,9	27,2
FA 20	60	7,8	33,8	18,4	20,2	9,9	12,9
FA 22		5,9	3,8	23,6	43,7	44,1	14,7

Tabel 5.16 dapat dilihat bahwa suhu dan lama inkubasi, berpengaruh terhadap kadar protein enzim selulolitik pada isolat FA 20 dan FA 22. Kadar protein optimal sebesar 44,4 $\mu\text{g/m}$ yang dihasilkan oleh isolat FA 20 memerlukan waktu inkubasi selama 10 hari dan suhu 50°C, dan sebesar 58,9 $\mu\text{g/ml}$ dihasilkan oleh isolat FA 22 dengan waktu inkubasi 25 hari dengan suhu 50°C.

5.1.9.3 Pengaruh Suhu dan Waktu Inkubasi terhadap Aktivitas Spesifik Enzim Selulolitik

Aktivitas spesifik selulolitik isolat fungi pada berbagai macam suhu dan waktu inkubasi dapat di lihat pada Tabel 5.17

Tabel 5.17 Aktivitas Spesifik Enzim Selulolitik (unit/mg) Isolat Fungi FA 20 dan FA 22 pada Berbagai Macam Suhu dan Waktu Inkubasi

Kode Isolat	Suhu (°C)	Waktu Inkubasi (hari)					
		5	10	15	20	25	30
FA 20	40	63,2	73,1	70,0	71,7	71,1	77,7
FA 22		74,4	77,6	75,7	73,9	70,8	72,5
FA 20	50	82,3	67,6	66,1	71,7	77,4	84,4
FA 22		90,9	68,1	66,1	68,3	73,0	73,5
FA 20	60	76,9	71,0	76,1	69,3	80,8	77,5
FA 22		67,8	105,3	76,3	73,2	72,6	68,0

Tabel 5.17 dapat dilihat bahwa suhu dan waktu inkubasi, berpengaruh terhadap aktivitas spesifik selulolitik. Isolat fungi FA 20 aktivitas spesifik enzim selulolitik optimum sebesar 84,4 unit/mg pada suhu 50°C dan inkubasi 30 hari, sedangkan fungi FA 22 sebesar 105,3 unit/mg terjadi pada suhu 60°C dan waktu inkubasi 10 hari.

5.1.10 Identifikasi Isolat Fungi FA 20 dan FA 22

Identifikasi isolat fungi FA 20 dan FA 22 dapat dilihat pada Tabel 5.18 Sel isolat fungi FA 22 disajikan dalam Gambar 5.4

Tabel 5.18 Hasil Identifikasi Isolat Bakteri FA 20 dan FA 22

Ciri-ciri	Isolat FA 20	Isolat FA 22
Konidium		
-Bentuk	batang	batang
-Ukuran (μ)	3,5 - 4,5	4,5 - 5,5
-Reaksi gram	-	-
-Warna	hitam	kungi
Vesikel		
diameter (μ)	50 - 65	55 - 70
Konidiofor (mm)	1,15 - 1,60	1,25 - 1,95
Diameter koloni umur 7 hari (mm)	4,5 - 5,0	4,0 - 5,5
Nama spesies	<i>Aspergillus niger</i>	<i>Aspergillus niger</i>

Untuk mempermudah pelaksanaan berikutnya, maka hasil identifikasi isolat fungi ditulis sebagai berikut.

1. *A. niger* FA 20
2. *A. niger* FA 22

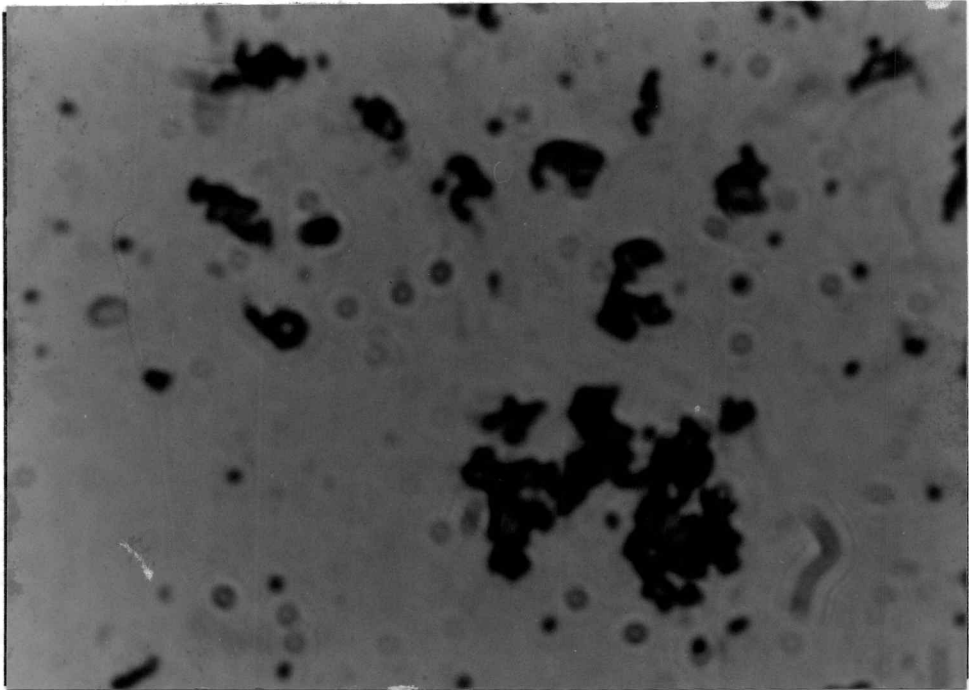
Dasar pemberian kode isolat fungi tersebut adalah.

A. niger = nama spesies

FA = fungi hasil isolasi dari limbah padat

A = nama peneliti

20 dan 22 = nomor urut kode isolat



Gambar 5.4 Morfologi Isolat Fungi FA 20 pada Perbesaran 400 x

5.1.11 Isolasi Isolat Aktinomisetes Selulolitik

Berdasarkan hasil penelitian sampai pada tahapan pemurnian dengan media padat maupun cair, pada suhu 40°C, 50°C, 60°C dengan waktu inkubasi 48 jam ditemukan 12 isolat terseleksi (Tabel 5.19).

Tabel 5.19 Populasi Isolat Aktinomisetes Selulolitik dengan Inkubasi 48 jam pada Suhu 40°C, 50°C dan 60°C

Kode Isolat	Suhu Inkubasi (°C)		
	40	50	60
AA 0	145 x 10 ⁹	193 x 10 ⁹	36 x 10 ⁸
AA 3	116 x 10 ⁹	44 x 10 ⁹	4 x 10 ⁸
AA 6	135 x 10 ⁹	78 x 10 ⁹	77 x 10 ⁸
AA 8	96 x 10 ⁹	93 x 10 ⁹	63 x 10 ⁸
AA 9	112 x 10 ⁹	111 x 10 ⁹	2 x 10 ⁸
AA 11	99 x 10 ⁹	98 x 10 ⁹	16 x 10 ⁸
AA 13	177 x 10 ⁹	135 x 10 ⁹	2 x 10 ⁸
AA 14	116 x 10 ⁹	95 x 10 ⁹	16 x 10 ⁸
AA 16	95 x 10 ⁹	77 x 10 ⁹	41 x 10 ⁸
AA 19	77 x 10 ⁹	85 x 10 ⁹	16 x 10 ⁸
AA 22	105 x 10 ⁹	83 x 10 ⁹	10 x 10 ⁸
AA 25	76 x 10 ⁹	85 x 10 ⁹	1 x 10 ⁸

5.1.12 Seleksi Isolat Aktinomisetes Selulolitik

Untuk membuktikan isolat yang diperoleh mempunyai kemampuan menghidrolisis selulosa dan lignin tinggi dan stabil serta penurunan perbandingan C/N dilakukan pengujian dengan metode fermentasi padat. Pengujian terhadap 12 isolat dengan waktu inkubasi yang berbeda diulang 3 kali. Hasil pengujian terhadap 12 isolat dianalisis. Besarnya penurunan selulosa dan lignin serta perbandingan C/N yang

dihasilkan oleh berbagai macam isolat dan waktu inkubasi disajikan pada Tabel 5.20, 5.21 dan 5.22

Tabel 5.20 Rerata Prosentase Kandungan Selulosa oleh berbagai Macam Isolat dan Waktu Inkubasi

Kode Isolat	Waktu Inkubasi (hari)						
	0	5	10	15	20	25	30
AA 0	0,16	0,63	1,41	2,95	5,96	11,77	15,65
AA 3	0,13	0,55	1,11	1,93	4,11	8,93	12,02
AA 6	0,11	0,65	1,95	2,05	4,13	9,16	15,82
AA 8	0,19	0,70	0,98	2,17	5,06	10,77	11,02
AA 9	0,17	0,73	1,49	2,35	4,09	8,95	14,46
AA 11	0,14	0,69	1,43	1,95	4,16	7,83	11,15
AA 13	0,14	0,70	1,77	3,44	7,58	12,19	18,98
AA 14	0,15	0,65	1,13	2,16	6,95	10,16	14,49
AA 16	0,14	0,91	1,12	2,06	5,76	9,77	12,77
AA 19	0,15	0,78	1,13	1,95	4,17	7,03	9,98
AA 22	0,14	0,65	1,77	2,06	5,11	8,78	13,33
AA 25	0,12	0,77	1,53	2,75	6,03	9,75	11,15

Tabel 5.21 Rerata Prosentase Kandungan Lignin oleh berbagai Macam Isolat dan Waktu Inkubasi

Kode Isolat	Waktu Inkubasi (hari)						
	0	5	10	15	20	25	30
AA 0	0,12	0,14	0,41	0,95	1,35	3,41	7,95
AA 3	0,14	0,17	0,39	0,65	1,16	2,73	5,61
AA 6	0,15	0,20	0,55	0,77	1,61	3,11	6,44
AA 8	0,11	0,31	0,55	0,78	2,01	3,65	6,35
AA 9	0,12	0,35	0,59	0,83	1,45	3,15	5,75
AA 11	0,14	0,41	0,35	0,89	1,47	3,59	6,84
AA 13	0,13	0,29	0,63	0,96	1,69	3,63	8,19
AA 14	0,15	0,19	0,35	0,99	1,56	3,16	7,35
AA 16	0,16	0,28	0,42	0,84	1,42	2,95	6,13
AA 19	0,11	0,19	0,35	0,75	1,63	2,82	5,13
AA 22	0,15	0,15	0,35	0,61	1,20	3,29	6,75
AA 25	0,14	0,19	0,38	1,01	1,45	3,25	7,01

Tabel 5.22 Rerata Perbandingan C/N oleh berbagai Macam Isolat dan Waktu Inkubasi

Kode Isolat	Waktu Inkubasi(hari)						
	0	5	10	15	20	25	30
AA 0	120,63	113,16	80,77	60,13	48,11	30,16	20,01
AA 3	130,16	112,77	83,18	61,08	41,73	33,19	28,16
AA 6	116,19	95,78	77,95	57,17	42,44	35,13	29,10
AA 8	123,13	94,16	80,01	60,13	43,16	33,40	27,16
AA 9	129,41	116,17	80,93	65,19	50,33	33,16	24,93
AA 11	135,16	119,83	84,39	71,39	49,03	40,11	31,40
AA 13	119,35	109,35	73,78	61,35	49,11	34,17	22,16
AA 14	123,35	119,13	84,19	53,17	43,95	33,85	26,41
AA 16	133,05	116,41	90,35	62,19	40,55	31,39	27,10
AA 19	125,16	103,05	73,11	70,03	51,01	34,06	28,05
AA 22	118,25	94,11	75,05	63,05	39,65	32,09	25,10
AA 25	120,73	98,75	84,95	65,99	45,77	33,63	25,94

Berdasarkan Tabel 5.20, 5.21 dan 5.22, maka dipilih 4 isolat terseleksi dan teruji yang menunjukkan kemampuan menghidrolisis selulosa dan lignin tinggi dan stabil. Waktu pengamatan 30 hari isolat AA 0, AA 9, AA 13 dan AA 22, mampu menurunkan perbandingan C/N terbanyak yaitu masing-masing 20,01, 24,93, 22,16 dan 25,10. Ada kecenderungan kemampuan menghidrolisis selulosa dan lignin dari 4 isolat terpilih dan teruji menjadi meningkat dan perbandingan C/N menurun dengan bertambahnya waktu inkubasi.

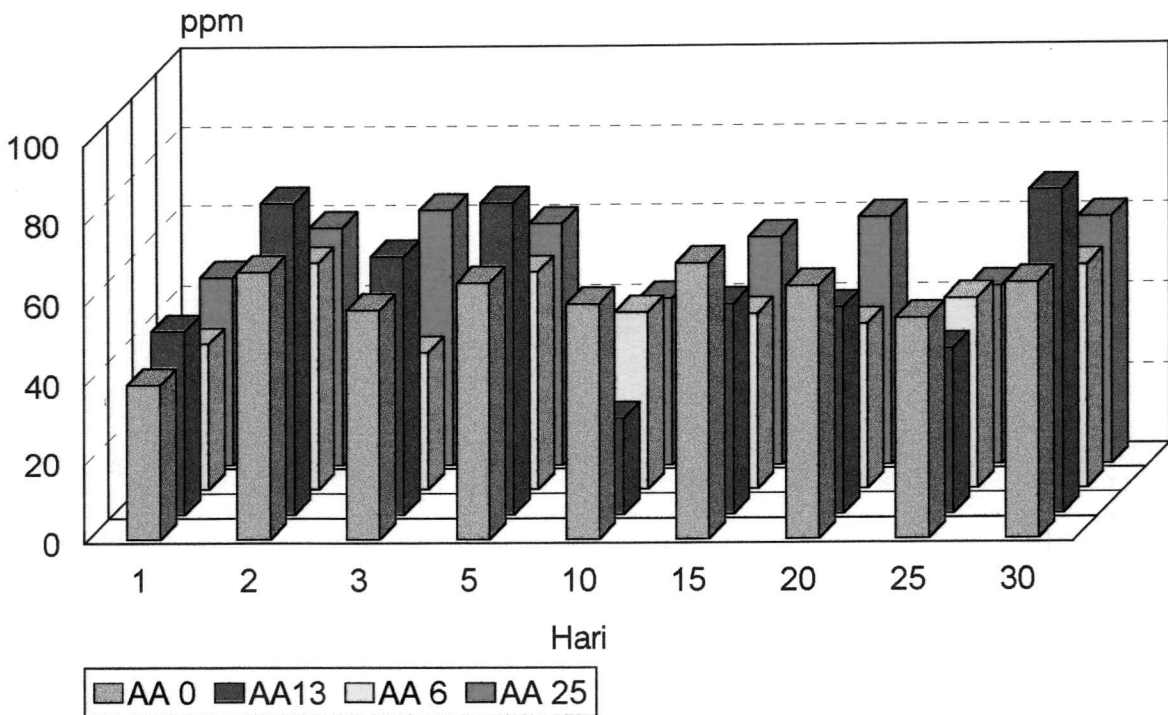
5.1.13 Kandungan Hormon IAA

Kandungan hormon IAA isolat aktinomisetes selulolitik pada media Kent Kningt dengan berbagai waktu inkubasi disajikan dalam Tabel 5.23

Tabel 5.23 Hormon IAA yang dihasilkan oleh Isolat AA 0, AA 13, AA 6 dan AA 25

Kode Isolat	Hormon IAA pada Waktu Inkubasi (ppm/hari)								
	1	2	3	5	10	15	20	25	30
AA 0	39,16	67,17	57,83	64,45	59,16	69,16	63,45	55,41	64,13
AA 13	46,28	78,04	64,69	78,12	24,48	52,87	51,91	41,58	80,92
AA 14	36,87	56,92	34,65	54,65	44,64	44,08	41,53	47,70	55,85
AA 25	47,23	59,45	63,78	60,33	41,73	56,75	61,73	44,60	61,59

Tabel 5.23 dapat di lihat bahwa ke 4 isolat ada kecenderungan hormon IAA yang dihasilkan meningkat, dengan bertambahnya waktu inkubasi. Isolat aktinomisetes AA 0 dan AA 13 menghasilkan hormon IAA tertinggi selama inkubasi 1 sampai 30 hari. Hormon IAA tertinggi sebesar 69,16 ppm selama inkubasi 15 hari dihasilkan isolat AA 0. Isolat AA 13 menghasilkan hormon IAA tertinggi sebesar 80,92 ppm pada waktu inkubasi 30 hari. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 5.5



Gambar 5.5 Hormon IAA yang dihasilkan oleh Isolat AA 0 , AA 13, AA 14 dan AA 25

5.1.14 Karakteristik Enzim Selulolitik Isolat Aktinomisetes AA 0 dan AA 13

5.1.14.1 Pengaruh Suhu dan Lama Inkubasi terhadap Aktivitas Enzim Selulolitik

Hasil analisis hormon IAA terhadap ke empat isolat yang menghasilkan IAA tertinggi hanya isolat aktinomisetes AA 0 dan AA 13. Berdasarkan pengujian selulosa, lignin, perbandingan C/N dan hormon IAA maka yang diuji lanjut aktivitas enzim hanya ke dua aktinomisetes yaitu isolat AA 0 dan AA 13. Hasil aktivitas enzim isolat AA 0 dan AA 13 pada

berbagai macam suhu untuk waktu inkubasi 5, 10, 20, 25 dan 30 hari disajikan pada Tabel 5.24

Tabel 5.24 Aktivitas Enzim Selulolitik (unit/ml) Isolat Aktinomisetes AA 0 dan AA 13 pada berbagai Macam Suhu dan Waktu Inkubasi

Kode Isolat	Suhu (°C)	Waktu Inkubasi (hari)					
		5	10	15	20	25	30
AA 0	40	2,6	1,6	4,0	3,0	3,2	3,6
AA 13		1,3	2,6	1,8	1,8	2,6	2,0
AA 0	50	2,2	0,6	3,3	2,3	2,6	2,6
AA 13		1,0	2,6	1,6	1,6	2,0	2,0
AA 0	60	1,6	1,0	2,4	2,4	3,0	2,2
AA 13		0,6	2,2	1,4	1,4	1,8	1,4

Tabel 5.24 dapat di lihat bahwa suhu dan lamanya waktu inkubasi mempengaruhi aktivitas enzim selulolitik. Aktivitas enzim yang optimal sebesar 4,0 unit/ml untuk isolat AA 0 dengan waktu inkubasi 15 hari, dan suhu 40°C sedangkan isolat AA 13 sebesar 2,6 unit/ml dengan waktu inkubasi 10 dan 25 hari pada suhu 40°C.

5.1.14.2 Pengaruh Suhu dan Waktu Inkubasi terhadap Kadar Protein enzim Selulolitik

Penentuan kadar protein berdasar pendekatan standar protein (Lampiran 16), enzim selulolitik isolat AA 0 dan AA 13 pada berbagai macam suhu dan lama inkubasi disajikan pada Tabel 5.25

Tabel 5.25 Kadar Protein Enzim Selulolitik ($\mu\text{g/ml}$) Isolat Aktinomisetes AA 0 dan AA 13 pada Berbagai Macam Suhu dan Waktu Inkubasi

Kode Isolat	Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	Waktu Inkubasi (hari)					
		5	10	15	20	25	30
AA 0	40	34,9	21,6	54,3	40,6	45,4	48,7
AA 13		17,0	39,2	25,3	23,6	34,8	27,9
AA 0	50	30,3	14,4	44,9	34,3	39,8	37,7
AA 13		12,8	35,8	21,8	25,8	27,9	27,2
AA 0	60	21,7	12,6	34,1	34,1	41,6	29,9
AA 13		6,4	29,8	18,3	18,2	23,6	18,5

Tabel 5.25 dapat dilihat bahwa suhu dan lama inkubasi, berpengaruh terhadap kadar protein enzim selulolitik pada isolat AA 0 dan AA 13. Kadar protein optimal sebesar 54,3 $\mu\text{g/ml}$ yang dihasilkan oleh isolat AA 0, memerlukan waktu inkubasi selama 15 hari dan suhu 15°C dan isolat AA 13 sebesar 39,2 $\mu\text{g/ml}$ pada suhu 40°C memerlukan waktu inkubasi 10 hari.

5.1.14.3 Pengaruh Suhu dan Waktu Inkubasi terhadap Aktivitas Spesifik Enzim Selulolitik

Aktivitas spesifik isolat aktinomisetes selulolitik pada berbagai macam suhu dan waktu inkubasi dapat di lihat pada Tabel 5.26

Tabel 5.26 Aktivitas Spesifik Enzim Selulolitik (unit/mg) Isolat Aktinomisetes AA 0 dan AA 13 pada Berbagai Macam Suhu dan Waktu Inkubasi

Kode Isolat	Suhu (°C)	Waktu Inkubasi (hari)					
		5	10	15	20	25	30
AA 0	40	76,5	66,3	71,1	76,3	74,7	71,7
AA 13		74,5	74,1	73,7	73,9	70,5	73,9
AA 0	50	78,1	72,6	73,4	62,0	71,7	73,5
AA 13		72,6	41,6	73,5	67,0	65,3	68,9
AA 0	60	83,8	73,8	76,5	72,1	76,3	75,7
AA 13		73,7	79,4	70,4	70,4	72,1	73,6

Tabel 5.26 dapat di lihat bahwa suhu dan waktu inkubasi berpengaruh terhadap aktivitas spesifik enzim selulolitik. Isolat aktinomisetes AA 0 aktivitas spesifik enzim selulolitik optimum sebesar 83,8 unit/mg dengan waktu inkubasi 5 hari pada suhu 60°C, dan AA 13 sebesar 79,4 unit/mg pada suhu 60°C dan waktu inkubasi 10 hari.

5.1.15 Identifikasi Isolat Aktinomisetes AA 0 dan AA 13

Hasil identifikasi Isolat aktinomisetes AA 0 dan AA 13 dapat di lihat pada Tabel 5.27 Sel isolat aktinomisetes AA 0 disajikan dalam Gambar 5.6

Tabel 5.27 Hasil Identifikasi Isolat Aktinomisetes AA 0 dan AA 13

Ciri-ciri	AA 0	AA 13
Morfologi		
-Bentuk	batang	batang
-Ukuran (μm)	0,75 - 1,60	0,90 - 1,75
-Reaksi gram	-	-
-Warna	kuning	merah
Fisilogis		
Produksi asam		
-Urea	+	+
-Citrat	+	+
-Glukosa	+/-	+/-
-Laktosa	+/-	+/-
-Manitol	+	+
-Maltosa	+	+
-Sukrosa	+	+/-
-Reduksi nitrat	+/-	+/-
-Katalase	-	-
-Endospora	-	-
-Diameter koloni		
umur 7 hari (mm)	3,5 - 4,5	4,0 - 5,0
-Konidiofor (mm)	0,6 - 0,8	0,7 - 1,0
Nama spesies	<i>Thermonospora curvata</i>	<i>Thermonospora curvata</i>

Untuk mempermudah pelaksanaan berikutnya, maka hasil identifikasi isolat aktinomisetes ditulis sebagai berikut.

1. *T. curvata* AA 0
2. *T. curvata* AA 13

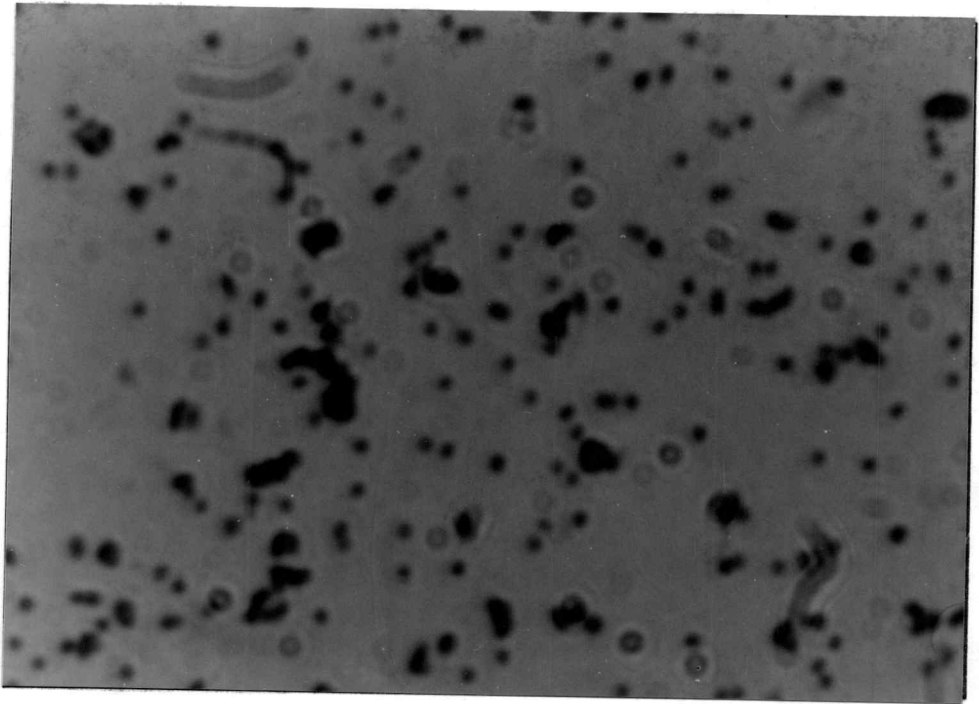
Dasar pemberian kode isolat aktinomisetes adalah:

T. curvata = nama spesies

A depan = aktinomisetes hasil isolasi dari limbah padat

A belakang = nama peneliti

0 dan 13 = nomor urut kode isolat



Gambar 5.6 Morfologi Isolat Aktinomisetes AA 0 pada Perbesaran 400 x

5.1.16 Uji Antagonistik

Mengingat beberapa sifat asosiasi, maka pada penelitian ini dilakukan uji antagonistik pada media nutrient agar (NA) pada isolat *C. speciosa* BA 4, *C. speciosa* BA 9, *A. niger* FA 20, *A. niger* FA 22, *T. curvata* AA 0 dan *T. curvata* AA 13 dengan hasil sebagai berikut:

$$C. speciosa \text{ BA } 4 \gg A. niger \text{ FA } 20 = \frac{6 - 5}{6} \times 100 \% = 17 \%$$

$$C. speciosa \text{ BA } 4 \gg A. niger \text{ FA } 22 = \frac{6 - 4}{6} \times 100 \% = 33 \%$$

$$\begin{aligned}
 C. \textit{speciosa} \text{ BA 4 } >< T. \textit{curvata} \text{ AA 0} &= \frac{5 - 3}{5} \times 100 \% = 40 \% \\
 C. \textit{speciosa} \text{ BA 4 } >< T. \textit{curvata} \text{ AA 13} &= \frac{6 - 4}{6} \times 100 \% = 33 \% \\
 C. \textit{speciosa} \text{ BA 9 } >< A. \textit{niger} \text{ FA 20} &= \frac{5 - 3}{5} \times 100 \% = 40 \% \\
 C. \textit{speciosa} \text{ BA 9 } >< A. \textit{niger} \text{ FA 22} &= \frac{4 - 2}{4} \times 100 \% = 50 \% \\
 C. \textit{speciosa} \text{ BA 9 } >< T. \textit{curvata} \text{ AA 0} &= \frac{5 - 4}{5} \times 100 \% = 20 \% \\
 C. \textit{speciosa} \text{ BA 9 } >< T. \textit{curvata} \text{ AA 13} &= \frac{6 - 5}{6} \times 100 \% = 17 \% \\
 A. \textit{niger} \text{ FA 20 } >< T. \textit{curvata} \text{ AA 0} &= \frac{6 - 4}{6} \times 100 \% = 33 \% \\
 A. \textit{niger} \text{ FA 20 } >< T. \textit{curvata} \text{ AA 13} &= \frac{5 - 4}{5} \times 100 \% = 20 \% \\
 A. \textit{niger} \text{ FA 22 } >< T. \textit{curvata} \text{ AA 0} &= \frac{5 - 3}{5} \times 100 \% = 40 \% \\
 A. \textit{niger} \text{ FA 22 } >< T. \textit{curvata} \text{ AA 13} &= \frac{4 - 3}{4} \times 100 \% = 25 \%
 \end{aligned}$$

Terbukti setelah diuji antagonistik masing-masing isolat menghasilkan penghambatan berbeda yaitu berkisar 17 % sampai 50 %.

5.2 Percobaan Laboratorium

5.2.1 Pengaruh Isolat Bakteri, Media dan Suhu terhadap Hidrolisis Selulosa

Tabel Lampiran 1 menunjukkan bahwa pengamatan pada waktu inkubasi 5 hari, perlakuan suhu dan media berpengaruh sangat nyata terhadap hidrolisis selulosa.

Tabel Lampiran 1 menunjukkan bahwa pengamatan pada waktu inkubasi 10 hari, perlakuan suhu dan media dan bakteri berpengaruh sangat nyata terhadap hidrolisis selulosa.

Tabel Lampiran 1 menunjukkan bahwa pengamatan pada waktu inkubasi 15 hari, perlakuan suhu berpengaruh sangat nyata dan bakteri berpengaruh nyata terhadap hidrolisis selulosa.

Tabel Lampiran 1 menunjukkan bahwa pengamatan pada waktu inkubasi 20 hari, perlakuan media berpengaruh sangat nyata terhadap hidrolisis selulosa.

Tabel Lampiran 1 menunjukkan bahwa pengamatan pada waktu inkubasi 30 hari, perlakuan suhu berpengaruh sangat nyata terhadap hidrolisis selulosa. Untuk lebih jelasnya pengaruh bakteri, media dan suhu terhadap hidrolisis selulosa pada waktu pengamatan 5, 10, 15, 20, dan 30 hari dapat dilihat pada Tabel 5.28

Tabel 5.28 menunjukkan bahwa waktu pengamatan 5 hari perlakuan suhu 50°C dengan media L4 (ampas 50% + blotong 40% + abu ketel 10%) dengan inokulasi isolat *C. speciosa* BA 9 mempunyai kemampuan menghidrolisis selulosa tertinggi

yaitu sebesar 1,037 %.

Tabel 5.28 Pengaruh Isolat Bakteri, Media dan Suhu terhadap Hidrolisis Selulosa (%/hari)

Perlakuan	Prosentase Selulosa (%/hari)				
	5	10	15	20	30
<i>C. speciosa</i> BA 4 L1S1	0,650 c	1,177 b	2,440 a	4,947 a	11,833 a
<i>C. speciosa</i> BA 4 L2S1	0,803 b	1,187 b	3,017 a	6,580 a	12,617 a
<i>C. speciosa</i> BA 4 L3S1	0,840 ab	1,467 ab	3,247 a	6,173 a	13,123 a
<i>C. speciosa</i> BA 4 L4S1	0,967 a	1,553 a	3,593 a	6,747 a	12,573 a
<i>C. speciosa</i> BA 4 L1S2	0,687 c	1,193 c	3,267 b	5,527 a	13,493 a
<i>C. speciosa</i> BA 4 L2S2	0,810 bc	1,553 b	3,947 ab	6,567 a	13,710 a
<i>C. speciosa</i> BA 4 L3S2	0,903 ab	1,750 ab	4,403 ab	6,967 a	13,767 a
<i>C. speciosa</i> BA 4 L4S2	1,010 a	1,860 a	4,720 a	7,577 a	13,477 a
<i>C. speciosa</i> BA 4 L1S3	0,610 c	1,107 b	3,387 a	4,623 a	11,950 a
<i>C. speciosa</i> BA 4 L2S3	0,763 b	1,140 b	3,927 a	5,753 a	11,793 a
<i>C. speciosa</i> BA 4 L3S3	0,827 ab	1,573 a	3,413 a	6,690 a	12,227 a
<i>C. speciosa</i> BA 4 L4S3	0,923 a	1,740 a	3,543 a	6,833 a	11,953 a
<i>C. speciosa</i> BA 9 L1S1	0,653 c	1,370 b	3,283 a	5,423 a	12,963 a
<i>C. speciosa</i> BA 9 L2S1	0,743 bc	1,400 b	4,023 a	5,687 a	12,923 a
<i>C. speciosa</i> BA 9 L3S1	0,833 b	1,747 a	3,800 a	6,583 a	12,397 a
<i>C. speciosa</i> BA 9 L4S1	0,993 a	1,600 ab	3,107 a	7,440 a	13,257 a
<i>C. speciosa</i> BA 9 L1S2	0,827 b	1,673 ab	3,957 a	5,943 a	13,927 a
<i>C. speciosa</i> BA 9 L2S2	0,840 b	1,807 ab	4,520 a	6,250 a	12,947 a
<i>C. speciosa</i> BA 9 L3S2	0,970 ab	1,637 b	4,840 a	6,120 a	13,323 a
<i>C. speciosa</i> BA 9 L4S2	1,037 a	1,977 a	4,407 a	7,663 a	13,970 a
<i>C. speciosa</i> BA 9 L1S3	0,730 b	1,257 c	3,837 a	5,480 a	12,220 a
<i>C. speciosa</i> BA 9 L2S3	0,737 b	1,430 bc	3,683 a	6,320 a	12,007 a
<i>C. speciosa</i> BA 9 L3S3	0,900 a	1,683 ab	4,080 a	6,710 a	12,150 a
<i>C. speciosa</i> BA 9 L4S3	0,900 a	1,747 a	4,043 a	6,423 a	13,180 a

Waktu pengamatan 10 hari perlakuan suhu 50°C dengan media L4 (ampas 50% + blotong 40% + abu ketel 10%) dan di inokulasi isolat *C. speciosa* BA 9 mempunyai kemampuan menghidrolisis selulosa tertinggi sebesar 1,977 %. Waktu pengamatan 15 hari perlakuan suhu 50 °C dengan media L3 (ampas 60% +

blotong 30% + abu ketel 10%) dan di inokulasi isolat *C. speciosa* BA 9 mempunyai kemampuan menghidrolisis selulosa tertinggi sebesar 4,840 %. Waktu pengamatan 20 hari perlakuan suhu 50°C dengan media L4 (ampas 50% + blotong 40% + abu ketel 10%) dan di inokulasi isolat *C. speciosa* BA 9 mempunyai kemampuan menghidrolisis selulosa tertinggi sebesar 7,663 %. Waktu pengamatan 25 hari perlakuan suhu 50°C dengan media L4 (ampas 50% + blotong 40% + abu ketel 10%) dan di inokulasi isolat *C. speciosa* BA 4 mempunyai kemampuan menghidrolisis selulosa tertinggi sebesar 9,647 %. Waktu pengamatan 30 hari perlakuan suhu 50°C dengan media L4 (ampas 50% + blotong 40% + abu ketel 10%) dan di inokulasi isolat *C. speciosa* BA 9 mempunyai kemampuan menghidrolisis selulosa tertinggi sebesar 13,970 %.

Terbukti bahwa pengamatan pada waktu inkubasi 25 hari terjadi interaksi nyata antara perlakuan bakteri dan media terhadap hidrolisis selulosa. Perlakuan *C. speciosa* BA 4 L4 S2 yaitu dengan media (ampas 50% + blotong 40% + abu ketel 10%) dan suhu 50°C mempunyai kemampuan menghidrolisis selulosa tertinggi sebesar 9,647 % walaupun tidak berbeda nyata dengan perlakuan *C. speciosa* BA 9 L2 S2 yaitu dengan media (ampas 75% + blotong 20% + abu ketel 5%) pada suhu 50°C dan perlakuan *C. speciosa* BA 9 L3 S2 yaitu dengan media (ampas 60% + blotong 30% + abu ketel 10%) pada suhu 50°C . Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 5.29

Tabel 5.29 Interaksi antara Isolat Bakteri dan Media terhadap Hidrolisis Selulosa pada Waktu Inkubasi 25 Hari (%/hari)

Perlakuan	Prosentase Selulosa (%/hari)
<i>C. speciosa</i> BA 4 L1S1	8,120 b
<i>C. speciosa</i> BA 4 L2S1	8,790 ab
<i>C. speciosa</i> BA 4 L3S1	8,427 ab
<i>C. speciosa</i> BA 4 L4S1	8,617 ab
<i>C. speciosa</i> BA 4 L1S2	8,450 ab
<i>C. speciosa</i> BA 4 L2S2	9,270 ab
<i>C. speciosa</i> BA 4 L3S2	9,203 ab
<i>C. speciosa</i> BA 4 L4S2	9,647 a
<i>C. speciosa</i> BA 4 L1S3	7,763 b
<i>C. speciosa</i> BA 4 L2S3	8,457 ab
<i>C. speciosa</i> BA 4 L3S3	8,437 ab
<i>C. speciosa</i> BA 4 L4S3	8,947 ab
<i>C. speciosa</i> BA 9 L1S1	8,673 ab
<i>C. speciosa</i> BA 9 L2S1	8,613 ab
<i>C. speciosa</i> BA 9 L3S1	8,417 ab
<i>C. speciosa</i> BA 9 L4S1	8,420 ab
<i>C. speciosa</i> BA 9 L1S2	9,303 ab
<i>C. speciosa</i> BA 9 L2S2	9,613 a
<i>C. speciosa</i> BA 9 L3S2	9,613 a
<i>C. speciosa</i> BA 9 L4S2	9,010 ab
<i>C. speciosa</i> BA 9 L1S3	8,680 ab
<i>C. speciosa</i> BA 9 L2S3	8,187 b
<i>C. speciosa</i> BA 9 L3S3	8,307 ab
<i>C. speciosa</i> BA 9 L4S3	8,097 b

5.2.2 Pengaruh Isolat Bakteri, Media dan Suhu terhadap Hidrolisis Lignin

Tabel Lampiran 2 menunjukkan bahwa pengamatan pada waktu inkubasi 5 hari, perlakuan suhu dan media berpengaruh sangat nyata terhadap hidrolisis lignin.

Tabel Lampiran 2 menunjukkan pengamatan pada waktu inkubasi 10 hari, perlakuan suhu berpengaruh sangat nyata dan media berpengaruh nyata terhadap hidrolisis lignin.

Tabel Lampiran 2 menunjukkan bahwa pengamatan pada waktu inkubasi 15 hari, perlakuan suhu berpengaruh sangat nyata terhadap hidrolisis lignin.

Tabel Lampiran 2 menunjukkan pengamatan pada waktu inkubasi 20 hari, perlakuan suhu berpengaruh sangat nyata dan media berpengaruh nyata terhadap hidrolisis lignin.

Tabel Lampiran 2 menunjukkan bahwa pengamatan pada waktu inkubasi 25 hari, perlakuan suhu dan media berpengaruh sangat nyata terhadap hidrolisis lignin.

Tabel Lampiran 2 menunjukkan bahwa pengamatan pada waktu inkubasi 30 hari, perlakuan suhu berpengaruh sangat nyata dan bakteri berpengaruh nyata terhadap hidrolisis lignin. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 5.30

Tabel 5.30 menunjukkan bahwa waktu pengamatan 5 hari perlakuan suhu 50°C dengan media L4 (ampas 50% + blotong 40% + abu ketel 10%) dan inokulasi isolat *C. speciosa* BA 9 mempunyai kemampuan menghidrolisis lignin tertinggi sebesar 0,6700 %. Waktu pengamatan 10 hari perlakuan suhu 50°C dengan media L4 (ampas 50% + blotong 40% + abu ketel 10%) dan inokulasi isolat *C. speciosa* BA 9, mempunyai kemampuan menghidrolisis lignin tertinggi sebesar 0,823 %. Waktu pengamatan 15 hari perlakuan suhu 60 °C dengan media L4 (ampas 50% + blotong 40% + abu ketel 10%) dan inokulasi isolat *C. speciosa* BA 4, mempunyai kemampuan menghidrolisis lignin tertinggi yaitu sebesar 1,1733 %.

Tabel 5.30 Pengaruh Isolat Bakteri, Media dan Suhu terhadap Hidrolisis Lignin (%/hari)

Perlakuan	Prosentase Lignin (%/hari)					
	5	10	15	20	25	30
<i>C. speciosa</i> BA 4 L1S1	0,423 b	0,573 b	0,977 a	1,283 a	3,000 b	6,247 a
<i>C. speciosa</i> BA 4 L2S1	0,440 b	0,633 ab	1,027 a	1,193 a	2,713 b	7,163 a
<i>C. speciosa</i> BA 4 L3S1	0,503 ab	0,663 ab	1,213 a	1,317 a	4,183 a	7,260 a
<i>C. speciosa</i> BA 4 L4S1	0,567 a	0,740 a	1,073 a	1,263 a	3,677 ab	6,413 a
<i>C. speciosa</i> BA 4 L1S2	0,553 a	0,720 a	1,243 a	1,327 a	3,717 a	7,423 a
<i>C. speciosa</i> BA 4 L2S2	0,583 a	0,750 a	1,283 a	1,440 a	3,407 a	8,123 a
<i>C. speciosa</i> BA 4 L3S2	0,560 a	0,783 a	1,270 a	1,387 a	4,417 a	8,057 a
<i>C. speciosa</i> BA 4 L4S2	0,613 a	0,813 a	1,253 a	1,353 a	4,050 a	6,913 a
<i>C. speciosa</i> BA 4 L1S3	0,463 a	0,667 a	1,027 a	1,197 a	2,320 a	7,977 a
<i>C. speciosa</i> BA 4 L2S3	0,500 a	0,733 a	1,093 a	1,297 a	3,197 a	6,910 ab
<i>C. speciosa</i> BA 4 L3S3	0,547 a	0,717 a	1,133 a	1,253 a	2,973 a	6,000 b
<i>C. speciosa</i> BA 4 L4S3	0,583 a	0,740 a	1,173 a	1,233 a	3,160 a	6,613 ab
<i>C. speciosa</i> BA 9 L1S1	0,533 ab	0,697 a	1,017 a	1,150 b	2,427 a	7,370 a
<i>C. speciosa</i> BA 9 L2S1	0,467 b	0,683 a	1,123 a	1,300 ab	3,200 a	6,387 a
<i>C. speciosa</i> BA 9 L3S1	0,530 ab	0,733 a	1,117 a	1,273 ab	3,460 a	6,948 a
<i>C. speciosa</i> BA 9 L4S1	0,593 a	0,793 a	1,077 a	1,337 a	3,593 a	7,590 a
<i>C. speciosa</i> BA 9 L1S2	0,567 ab	0,753 a	1,313 a	1,290 a	3,733 a	8,563 a
<i>C. speciosa</i> BA 9 L2S2	0,530 b	0,770 a	1,280 a	1,447 a	4,150 a	8,250 a
<i>C. speciosa</i> BA 9 L3S2	0,633 ab	0,743 a	1,330 a	1,363 a	3,873 a	7,667 a
<i>C. speciosa</i> BA 9 L4S2	0,670 a	0,823 a	1,357 a	1,383 a	4,693 a	8,350 a
<i>C. speciosa</i> BA 9 L1S3	0,490 a	0,713 a	1,077 a	1,220 a	2,920 a	7,570 a
<i>C. speciosa</i> BA 9 L2S3	0,483 a	0,650 a	1,117 a	1,327 a	4,113 a	7,147 a
<i>C. speciosa</i> BA 9 L3S3	0,553 a	0,730 a	1,160 a	1,203 a	2,997 a	7,067 a
<i>C. speciosa</i> BA 9 L4S3	0,590 a	0,730 a	1,257 a	1,337 a	3,987 a	7,357 a

Waktu pengamatan 20 hari perlakuan suhu 50°C dengan media L2 (ampas 75% + blotong 20% + abu ketel 5%) dan inokulasi isolat *C. speciosa* BA 9, mempunyai kemampuan menghidrolisis lignin tertinggi sebesar 1,447 %. Waktu pengamatan 25 hari perlakuan suhu 50°C dengan media L4 (ampas 50% + blotong 40% + abu ketel 10%) dan inokulasi isolat *C. speciosa* BA 9, mempunyai kemampuan menghidrolisis lignin tertinggi sebesar

4,693 %. Waktu pengamatan 30 hari perlakuan suhu 50°C dengan media L2 (ampas 75% + blotong 20% + abu ketel 5%) dan inokulasi isolat *C. speciosa* BA 9 mempunyai kemampuan menghidrolisis lignin tertinggi yaitu sebesar 8,250 %.

5.2.3 Pengaruh Isolat Bakteri, Media dan Suhu terhadap Perbandingan C/N

Tabel Lampiran 3 menunjukkan bahwa pengamatan pada waktu 5 hari, perlakuan media berpengaruh sangat nyata terhadap perbandingan C/N .

Tabel Lampiran 3 menunjukkan bahwa pengamatan pada waktu 10 hari, perlakuan media berpengaruh sangat nyata terhadap perbandingan C/N .

Tabel Lampiran 3 menunjukkan bahwa pengamatan pada waktu 15 hari, perlakuan media berpengaruh sangat nyata terhadap perbandingan C/N.

Tabel Lampiran 3 menunjukkan bahwa pengamatan pada waktu 20 hari, perlakuan media berpengaruh sangat nyata terhadap perbandingan C/N.

Tabel Lampiran 3 menunjukkan bahwa pengamatan pada waktu 25 hari, perlakuan media berpengaruh sangat nyata terhadap perbandingan C/N.

Tabel Lampiran 3 menunjukkan bahwa pengamatan pada waktu 30 hari, perlakuan media berpengaruh sangat nyata terhadap perbandingan C/N. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 5.31

Tabel 5.31 Pengaruh Isolat Bakteri, Media dan Suhu terhadap Perbandingan C/N (hari)

Perlakuan	Perbandingan C/N (hari)					
	5	10	15	20	25	30
<i>C. speciosa</i> BA 4 L1S1	118,640 a	96,077 a	76,270 a	54,353 a	36,083 a	27,020 a
<i>C. speciosa</i> BA 4 L2S1	116,093 a	91,780 a	68,937 a	51,357 a	34,243 a	26,727 a
<i>C. speciosa</i> BA 4 L3S1	97,050 a	84,540 a	67,940 a	49,760 a	32,080 a	25,730 a
<i>C. speciosa</i> BA 4 L4S1	86,203 a	74,843 a	60,527 a	46,280 a	30,783 a	24,187 a
<i>C. speciosa</i> BA 4 L1S2	118,487 a	94,217 a	77,383 a	54,457 a	34,347 a	25,693 a
<i>C. speciosa</i> BA 4 L2S2	105,330 a	89,180 a	73,410 a	56,507 a	35,213 a	27,913 a
<i>C. speciosa</i> BA 4 L3S2	89,313 a	79,750 a	66,597 a	50,403 a	31,630 a	25,153 a
<i>C. speciosa</i> BA 4 L4S2	91,413 a	78,503 a	66,153 a	47,300 a	30,037 a	23,237 a
<i>C. speciosa</i> BA 4 L1S3	123,747 a	93,373 a	76,067 a	55,597 a	36,360 a	28,910 a
<i>C. speciosa</i> BA 4 L2S3	109,437 a	88,483 a	69,147 a	55,153 a	36,480 a	27,337 a
<i>C. speciosa</i> BA 4 L3S3	97,653 a	77,820 a	63,263 a	46,200 a	32,123 a	27,010 a
<i>C. speciosa</i> BA 4 L4S3	89,857 a	80,713 a	62,427 a	44,447 a	29,743 a	23,943 a
<i>C. speciosa</i> BA 9 L1S1	122,450 a	90,130 a	74,397 a	56,757 a	35,480 a	28,100 a
<i>C. speciosa</i> BA 9 L2S1	108,420 a	88,350 a	67,380 a	52,360 a	33,513 a	29,937 a
<i>C. speciosa</i> BA 9 L3S1	95,477 a	80,430 a	65,460 a	47,303 a	31,047 a	24,803 a
<i>C. speciosa</i> BA 9 L4S1	85,347 a	76,867 a	63,070 a	44,227 a	30,280 a	23,090 a
<i>C. speciosa</i> BA 9 L1S2	120,607 a	89,037 a	72,430 a	54,153 a	36,227 a	28,520 a
<i>C. speciosa</i> BA 9 L2S2	106,063 a	84,930 a	67,753 a	51,833 a	33,407 a	26,493 ab
<i>C. speciosa</i> BA 9 L3S2	90,937 a	80,697 a	64,413 a	46,820 a	31,163 a	24,740 a
<i>C. speciosa</i> BA 9 L4S2	88,447 a	79,527 a	61,567 a	45,473 a	29,007 a	23,020 a
<i>C. speciosa</i> BA 9 L1S3	122,753 a	86,947 a	71,253 a	54,983 a	34,433 a	25,980 a
<i>C. speciosa</i> BA 9 L2S3	104,273 a	83,077 a	68,580 a	47,980 a	33,500 a	25,053 b
<i>C. speciosa</i> BA 9 L3S3	94,717 a	74,983 a	65,833 a	46,627 a	33,483 a	22,023 a
<i>C. speciosa</i> BA 9 L4S3	92,400 a	80,290 a	62,617 a	45,753 a	30,500 a	24,597 a

Tabel 5.31 menunjukkan bahwa waktu pengamatan 5 hari perlakuan suhu 40 °C dengan media L4 (ampas 50% + blotong 40% + abu ketel 10%) dan inokulasi isolat *C. speciosa* BA 9, mempunyai kemampuan menurunkan perbandingan C/N terendah yaitu sebesar 85,347. Waktu pengamatan 10 hari perlakuan suhu 40 °C dengan media L4 (ampas 50% + blotong 40% + abu ketel 10%) dan inokulasi isolat *C. speciosa* BA 4, mempunyai

kemampuan menurunkan perbandingan C/N terendah yaitu sebesar 74,843. Waktu pengamatan 15 hari perlakuan suhu 50 °C dengan media L4 (ampas 50% + blotong 40% + abu ketel 10%) dan inokulasi isolat *C. speciosa* BA 9, mempunyai kemampuan menurunkan perbandingan C/N terendah sebesar 61,567. Waktu pengamatan 20 hari perlakuan suhu 40 °C dengan media L4 (ampas 50% + blotong 40% + abu ketel 10%) dan inokulasi isolat *C. speciosa* BA 9, mempunyai kemampuan menurunkan perbandingan C/N terendah sebesar 44,227. Waktu pengamatan 25 hari perlakuan suhu 50 °C dengan media L4 (ampas 50% + blotong 40% + abu ketel 10%) dan inokulasi isolat *C. speciosa* BA 9, mempunyai kemampuan menurunkan perbandingan C/N terendah sebesar 29,00. Waktu pengamatan 30 hari perlakuan suhu 60 °C dengan media L3 (ampas 60% + blotong 30% + abu ketel 10%) dan inokulasi isolat *C. speciosa* BA 9, mempunyai kemampuan menurunkan perbandingan C/N terendah yaitu sebesar 22,023.

5.2.4 Pengaruh Isolat Fungi, Media dan Suhu terhadap Hidrolisis Selulosa

Tabel Lampiran 4. menunjukkan bahwa pengamatan pada waktu inkubasi 5 hari, perlakuan suhu dan media berpengaruh sangat nyata terhadap hidrolisis selulosa.

Tabel Lampiran 4. menunjukkan pengamatan pada waktu inkubasi 10 hari, perlakuan suhu berpengaruh sangat nyata dan media berpengaruh nyata terhadap hidrolisis selulosa.

Tabel Lampiran 4. menunjukkan bahwa pengamatan pada waktu inkubasi 15 hari, masing-masing perlakuan tidak menunjukkan perbedaan terhadap hidrolisis selulosa.

Tabel Lampiran 4. menunjukkan bahwa pengamatan pada waktu inkubasi 20 hari, perlakuan suhu dan media berpengaruh sangat nyata terhadap hidrolisis selulosa.

Tabel Lampiran 4. menunjukkan bahwa pengamatan pada waktu inkubasi 30 hari, perlakuan suhu berpengaruh sangat nyata terhadap hidrolisis selulosa. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 5.32

Tabel 5.32 menunjukkan bahwa waktu pengamatan 5 hari perlakuan suhu 50 °C dengan media L1 (ampas 100%) dan inokulasi isolat *A. niger* FA 20, mempunyai kemampuan menghidrolisis selulosa tertinggi yaitu sebesar 1,060 %. Waktu pengamatan 10 hari perlakuan suhu 50°C dengan media L4 (ampas 50% + blotong 40% + abu ketel 10%) dan inokulasi isolat *A. niger* FA 20, mempunyai kemampuan menghidrolisis selulosa tertinggi yaitu sebesar 2,173 %. Waktu pengamatan 15 hari perlakuan suhu 50 °C dengan media L4 (ampas 50% + blotong 40% + abu ketel 10%) dan inokulasi isolat *A. niger* FA 22, mempunyai kemampuan menghidrolisis selulosa tertinggi yaitu sebesar 4,537 %. Waktu pengamatan 20 hari perlakuan suhu 40°C dengan media L4 (ampas 50% + blotong 40% + abu ketel 10%) dan inokulasi isolat *A. niger* FA 20, mempunyai

Tabel 5.32 Pengaruh Isolat Fungi, Media dan Suhu terhadap Hidrolisis Selulosa (%/hari)

Perlakuan	Prosentase Selulosa (%/hari)				
	5	10	15	20	30
<i>A. niger</i> FA 20 L1S1	0,843 a	1,320 b	3,730 a	6,800 a	10,543 a
<i>A. niger</i> FA 20 L2S1	0,790 a	1,777 a	3,780 a	6,790 a	11,700 a
<i>A. niger</i> FA 20 L3S1	0,753 a	1,750 a	4,170 a	7,387 a	11,690 a
<i>A. niger</i> FA 20 L4S1	0,697 a	1,803 a	3,717 a	7,433 a	11,870 a
<i>A. niger</i> FA 20 L1S2	0,717 a	1,700 b	4,267 a	7,800 a	12,523 a
<i>A. niger</i> FA 20 L2S2	0,723 a	1,880 ab	3,743 a	7,033 a	12,027 a
<i>A. niger</i> FA 20 L3S2	0,660 a	1,930 ab	4,250 a	7,410 a	12,390 a
<i>A. niger</i> FA 20 L4S2	0,650 a	2,173 a	4,340 a	7,003 a	12,897 a
<i>A. niger</i> FA 20 L1S3	1,060 a	1,560 a	3,337 a	6,553 a	10,807 a
<i>A. niger</i> FA 20 L2S3	0,890 ab	1,493 a	4,017 a	6,737 a	10,420 a
<i>A. niger</i> FA 20 L3S3	0,747 b	1,600 a	3,603 a	6,190 a	10,167 a
<i>A. niger</i> FA 20 L4S3	0,780 b	1,683 a	4,290 a	6,157 a	9,873 a
<i>A. niger</i> FA 22 L1S1	0,920 a	1,583 a	3,573 a	6,913 a	11,163 a
<i>A. niger</i> FA 22 L2S1	0,880 ab	1,680 a	3,483 a	6,817 a	11,863 a
<i>A. niger</i> FA 22 L3S1	0,697 b	1,437 a	4,387 a	7,317 a	11,753 a
<i>A. niger</i> FA 22 L4S1	0,687 b	1,747 a	4,057 a	7,217 a	11,500 a
<i>A. niger</i> FA 22 L1S2	0,770 a	1,663 a	3,893 a	7,743 a	12,243 a
<i>A. niger</i> FA 22 L2S2	0,637 a	1,970 a	4,250 a	7,353 a	12,897 a
<i>A. niger</i> FA 22 L3S2	0,667 a	1,833 a	4,450 a	7,383 a	12,793 a
<i>A. niger</i> FA 22 L4S2	0,607 a	1,830 a	4,537 a	7,410 a	11,987 a
<i>A. niger</i> FA 22 L1S3	0,897 a	1,580 a	3,340 a	6,580 a	10,170 ab
<i>A. niger</i> FA 22 L2S3	0,837 a	1,710 a	4,203 a	5,947 a	10,903 a
<i>A. niger</i> FA 22 L3S3	0,797 a	1,430 a	3,830 a	7,057 a	10,283 ab
<i>A. niger</i> FA 22 L4S3	0,723 a	1,567 a	4,133 a	6,743 a	9,057 b

kemampuan menghidrolisis selulosa tertinggi yaitu sebesar 7,433 %. Waktu pengamatan 25 hari perlakuan suhu 50°C dengan media L3 (ampas 60% + blotong 30% + abu ketel 10%) dan inokulasi isolat *A. niger* FA 22, mempunyai kemampuan menghidrolisis selulosa tertinggi yaitu sebesar 9,367 %. Waktu pengamatan 30 hari perlakuan suhu 50°C dengan media L4 (ampas 50% + blotong 40% + abu ketel 10%) dan inokulasi

isolat *A. niger* FA 20, serta L2 (ampas 75% + blotong 20% + abu ketel 5%) dengan inokulasi isolat *A. niger* FA 22 mempunyai kemampuan menghidrolisis selulosa tertinggi yaitu sebesar 12,897 %.

Pada waktu pengamatan 25 hari terjadi interaksi sangat nyata antara perlakuan suhu dan media terhadap hidrolisis selulosa seperti terlihat pada Tabel 5.33

Tabel 5.33 Interaksi antara Suhu dan Media terhadap Hidrolisis Selulosa pada Waktu Inkubasi 25 Hari (%/hari)

Perlakuan	Prosentase Selulosa (%/hari)
<i>A. niger</i> FA 20 L1S1	7,533 b
<i>A. niger</i> FA 20 L2S1	7,830 b
<i>A. niger</i> FA 20 L3S1	8,060 ab
<i>A. niger</i> FA 20 L4S1	8,193 ab
<i>A. niger</i> FA 20 L1S2	7,750 b
<i>A. niger</i> FA 20 L2S2	8,727 ab
<i>A. niger</i> FA 20 L3S2	8,680 ab
<i>A. niger</i> FA 20 L4S2	9,177 ab
<i>A. niger</i> FA 20 L1S3	8,513 ab
<i>A. niger</i> FA 20 L2S3	8,193 ab
<i>A. niger</i> FA 20 L3S3	7,333 b
<i>A. niger</i> FA 20 L4S3	7,053 b
<i>A. niger</i> FA 22 L1S1	7,843 b
<i>A. niger</i> FA 22 L2S1	7,883 b
<i>A. niger</i> FA 22 L3S1	8,460 ab
<i>A. niger</i> FA 22 L4S1	8,173 ab
<i>A. niger</i> FA 22 L1S2	8,550 ab
<i>A. niger</i> FA 22 L2S2	8,503 ab
<i>A. niger</i> FA 22 L3S2	9,367 a
<i>A. niger</i> FA 22 L4S2	8,937 ab
<i>A. niger</i> FA 22 L1S3	7,933 b
<i>A. niger</i> FA 22 L2S3	7,697 b
<i>A. niger</i> FA 22 L3S3	7,507 b
<i>A. niger</i> FA 22 L4S3	7,470 b

5.2.5 Pengaruh Isolat Fungi , Media dan Suhu terhadap Hidrolisis Lignin

Tabel Lampiran 5 menunjukkan bahwa pengamatan pada waktu inkubasi 5 hari, perlakuan suhu berpengaruh sangat nyata dan media berpengaruh nyata terhadap hidrolisis lignin.

Tabel Lampiran 5 menunjukkan bahwa pengamatan pada waktu inkubasi 10 hari, perlakuan suhu berpengaruh sangat nyata terhadap hidrolisis lignin.

Tabel Lampiran 5 menunjukkan bahwa pengamatan pada waktu inkubasi 15 hari, perlakuan suhu berpengaruh sangat nyata dan media berpengaruh nyata terhadap hidrolisis lignin.

Tabel Lampiran 5 menunjukkan bahwa pengamatan pada waktu inkubasi 20 hari, perlakuan suhu berpengaruh sangat nyata terhadap hidrolisis lignin.

Tabel Lampiran 5 menunjukkan bahwa pengamatan pada waktu inkubasi 25 hari, perlakuan suhu berpengaruh sangat nyata terhadap hidrolisis lignin.

Tabel Lampiran 5 menunjukkan bahwa pengamatan pada waktu inkubasi 30 hari, perlakuan suhu dan media berpengaruh sangat nyata terhadap hidrolisis lignin. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 5.34

Tabel 5.34 menunjukkan bahwa waktu pengamatan 5 hari perlakuan suhu 50 °C dengan media L3 (ampas 50% + blotong 40% + abu ketel 10%) dan inokulasi isolat *A. niger* FA 20, mempunyai kemampuan menghidrolisis lignin tertinggi yaitu

Tabel 5.34 Pengaruh Isolat Fungi, Media dan Suhu terhadap Hidrolisis Lignin (%/hari)

Perlakuan	Prosentase Lignin (%/hari)					
	5	10	15	20	25	30
<i>A. niger</i> FA 20 L1S1	0,540 a	0,777 a	1,043 a	1,223 a	2,977 a	6,057 b
<i>A. niger</i> FA 20 L2S1	0,587 a	0,737 a	1,050 a	1,227 a	3,080 a	6,673 ab
<i>A. niger</i> FA 20 L3S1	0,617 a	0,713 a	1,173 a	1,230 a	3,640 a	7,043 a
<i>A. niger</i> FA 20 L4S1	0,557 a	0,757 a	1,113 a	1,223 a	3,600 a	7,347 a
<i>A. niger</i> FA 20 L1S2	0,653 a	0,857 a	1,157 a	1,227 a	4,157 a	7,980 b
<i>A. niger</i> FA 20 L2S2	0,667 a	0,863 a	1,143 a	1,327 a	4,307 a	8,337 ab
<i>A. niger</i> FA 20 L3S2	0,697 a	0,840 a	1,263 a	1,333 a	4,490 a	9,023 a
<i>A. niger</i> FA 20 L4S2	0,687 a	0,827 a	1,253 a	1,313 a	4,227 a	8,750 ab
<i>A. niger</i> FA 20 L1S3	0,453 a	0,623 a	0,963 a	1,040 a	3,090 a	5,180 b
<i>A. niger</i> FA 20 L2S3	0,477 a	0,683 a	0,997 a	1,117 a	2,570 a	5,907 ab
<i>A. niger</i> FA 20 L3S3	0,517 a	0,643 a	1,027 a	1,087 a	2,767 a	6,187 a
<i>A. niger</i> FA 20 L4S3	0,440 a	0,647 a	0,957 a	1,150 a	3,177 a	6,170 a
<i>A. niger</i> FA 22 L1S1	0,647 a	0,833 a	1,033 a	1,153 a	2,887 a	6,583 b
<i>A. niger</i> FA 22 L2S1	0,647 a	0,780 a	1,140 a	1,263 a	3,623 a	7,627 a
<i>A. niger</i> FA 22 L3S1	0,553 a	0,740 a	1,157 a	1,240 a	3,250 a	7,533 a
<i>A. niger</i> FA 22 L4S1	0,620 a	0,757 a	1,070 a	1,183 a	3,197 a	7,143 ab
<i>A. niger</i> FA 22 L1S2	0,660 a	0,803 a	1,127 a	1,250 a	4,023 a	7,797 b
<i>A. niger</i> FA 22 L2S2	0,693 a	0,913 a	1,200 a	1,267 a	4,050 a	8,837 a
<i>A. niger</i> FA 22 L3S2	0,663 a	0,773 a	1,263 a	1,340 a	4,447 a	8,793 a
<i>A. niger</i> FA 22 L4S2	0,687 a	0,850 a	1,227 a	1,307 a	4,437 a	8,557 ab
<i>A. niger</i> FA 22 L1S3	0,450 a	0,637 a	0,963 a	1,073 b	2,897 a	5,080 b
<i>A. niger</i> FA 22 L2S3	0,513 a	0,620 a	1,030 a	1,103 b	2,670 a	5,987 a
<i>A. niger</i> FA 22 L3S3	0,490 a	0,603 a	0,960 a	1,093 b	3,093 a	5,740 ab
<i>A. niger</i> FA 22 L4S3	0,543 a	0,620 a	0,993 a	1,413 a	3,147 a	6,210 a

sebesar 0,697 %. Waktu pengamatan 10 hari perlakuan suhu 50°C dengan media L2 (ampas 75% + blotong 20% + abu ketel 5%) dan inokulasi isolat *A. niger* FA 22, mempunyai kemampuan menghidrolisis lignin tertinggi yaitu sebesar 0,913 %. Waktu pengamatan 15 hari perlakuan suhu 50°C dengan media L3 (ampas 60% + blotong 30% + abu ketel 10%) dan inokulasi isolat *A. niger* FA 20, serta *A. niger* FA 22 mempunyai kemampuan menghidrolisis lignin tertinggi yaitu sebesar 1,263 %.

Waktu pengamatan 20 hari perlakuan suhu 50°C dengan media L3 (ampas 60% + blotong 30% + abu ketel 10%) dan inokulasi isolat *A. niger* FA 22, mempunyai kemampuan menghidrolisis lignin tertinggi yaitu sebesar 1,340 %. Waktu pengamatan 25 hari perlakuan suhu 50°C dengan media L3 (ampas 60% + blotong 30% + abu ketel 10%) dan inokulasi isolat *A. niger* FA 20, mempunyai kemampuan menghidrolisis lignin tertinggi yaitu sebesar 4,490 %. Waktu pengamatan 30 hari perlakuan suhu 50°C dengan media L3 (ampas 60% + blotong 30% + abu ketel 10%) dan inokulasi isolat *A. niger* FA 20, mempunyai kemampuan menghidrolisis lignin tertinggi yaitu sebesar 9,023 %.

5.2.6 Pengaruh Isolat Fungi, Media dan Suhu terhadap Perbandingan C/N

Tabel Lampiran 6 menunjukkan bahwa pengamatan pada waktu inkubasi 5 hari, perlakuan suhu berpengaruh nyata dan media berpengaruh sangat nyata terhadap perbandingan C/N.

Tabel Lampiran 6 menunjukkan bahwa pengamatan pada waktu 10 hari, perlakuan suhu berpengaruh sangat nyata terhadap perbandingan C/N.

Tabel Lampiran 6 menunjukkan bahwa pengamatan pada waktu 15 hari, perlakuan suhu berpengaruh sangat nyata terhadap perbandingan C/N.

Tabel Lampiran 6 menunjukkan bahwa pengamatan pada waktu inkubasi 20 hari, perlakuan suhu berpengaruh sangat nyata terhadap perbandingan C/N.

Tabel Lampiran 6 menunjukkan bahwa pengamatan pada waktu 25 hari, perlakuan suhu dan media berpengaruh sangat nyata terhadap perbandingan C/N.

Tabel Lampiran 6 menunjukkan bahwa pengamatan pada waktu inkubasi 30 hari, perlakuan suhu berpengaruh sangat nyata terhadap perbandingan C/N. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 5.35

Tabel 5.35 Pengaruh Isolat Fungi, Media dan Suhu terhadap Perbandingan C/N pada Waktu Inkubasi 5, 10, 15, 20, 25 dan 30 Hari

Perlakuan	Perbandingan C/N (hari)					
	5	10	15	20	25	30
<i>A. niger</i> FA 20 L1S1	124,530 a	85,540 a	62,613 a	49,120 a	32,350 a	26,953 a
<i>A. niger</i> FA 20 L2S1	117,060 ab	87,840 a	62,813 a	48,780 a	33,153 a	26,837 a
<i>A. niger</i> FA 20 L3S1	103,123 b	92,090 a	63,970 a	52,123 a	29,697 a	25,853 a
<i>A. niger</i> FA 20 L4S1	102,653 b	85,583 a	64,383 a	47,330 a	28,007 a	25,640 a
<i>A. niger</i> FA 20 L1S2	114,283 a	73,537 a	56,570 a	39,123 a	26,907 a	25,003 a
<i>A. niger</i> FA 20 L2S2	105,580 a	80,500 a	54,930 a	40,233 a	25,840 a	22,303 a
<i>A. niger</i> FA 20 L3S2	100,000 ab	79,337 a	55,440 a	37,940 a	26,243 a	24,133 a
<i>A. niger</i> FA 20 L4S2	89,320 b	78,200 a	53,230 a	36,647 a	22,517 a	22,557 a
<i>A. niger</i> FA 20 L1S3	127,643 a	90,140 a	65,350 a	46,643 a	31,647 a	25,240 a
<i>A. niger</i> FA 20 L2S3	113,497 ab	86,003 a	62,160 a	45,797 a	30,667 a	24,637 a
<i>A. niger</i> FA 20 L3S3	104,887 bc	87,150 a	64,657 a	48,353 a	28,003 a	26,707 a
<i>A. niger</i> FA 20 L4S3	93,390 c	81,513 a	64,597 a	48,690 a	28,797 a	25,063 a
<i>A. niger</i> FA 22 L1S1	117,503 a	85,873 a	65,727 a	53,037 a	32,157 a	27,537 a
<i>A. niger</i> FA 22 L2S1	105,577 ab	79,847 a	62,387 a	52,640 a	28,687 a	27,063 a
<i>A. niger</i> FA 22 L3S1	95,523 b	82,487 a	66,873 a	48,607 a	26,843 a	26,047 a
<i>A. niger</i> FA 22 L4S1	105,643 ab	81,440 a	61,330 a	44,507 a	26,730 a	24,900 a
<i>A. niger</i> FA 22 L1S2	116,997 a	75,037 a	58,303 a	39,450 a	28,663 a	23,163 a
<i>A. niger</i> FA 22 L2S2	105,123 ab	70,953 a	54,283 a	39,253 a	24,747 a	23,180 a
<i>A. niger</i> FA 22 L3S2	86,567 c	75,087 a	58,007 a	38,243 a	24,807 a	24,057 a
<i>A. niger</i> FA 22 L4S2	94,880 bc	76,527 a	54,693 a	36,333 a	24,400 a	22,463 a
<i>A. niger</i> FA 22 L1S3	125,877 a	90,420 a	62,533 a	50,143 a	30,403 a	26,333 a
<i>A. niger</i> FA 22 L2S3	102,603 b	80,593 a	66,123 a	53,523 a	28,867 a	28,013 a
<i>A. niger</i> FA 22 L3S3	104,203 b	87,340 a	64,993 a	47,683 a	29,007 a	25,557 a
<i>A. niger</i> FA 22 L4S3	99,513 b	82,537 a	64,063 a	49,690 a	26,007 a	25,687 a

Tabel 5.35 menunjukkan bahwa waktu pengamatan 5 hari perlakuan suhu 50 °C dengan media L3 (ampas 60% + blotong 30% + abu ketel 10%) dan inokulasi isolat *A. niger* FA 22, mempunyai kemampuan menurunkan perbandingan C/N terendah yaitu sebesar 86,567 . Waktu pengamatan 10 hari perlakuan suhu 50 °C dengan media L2 (ampas 75% + blotong 20% + abu ketel 5%) dan inokulasi isolat *A. niger* FA 22, mempunyai kemampuan menurunkan perbandingan C/N terendah yaitu sebesar 70,953. Waktu pengamatan 15 hari perlakuan suhu 50 °C dengan media L2 (ampas 75% + blotong 20% + abu ketel 5%) dan inokulasi isolat *A. niger* FA 22, mempunyai kemampuan menurunkan perbandingan C/N terendah yaitu sebesar 54,283 . Waktu pengamatan 20 hari perlakuan suhu 50 °C dengan media L4 (ampas 50% + blotong 40% + abu ketel 10%) pada isolat M2 *A. niger* FA 22, mempunyai kemampuan menurunkan perbandingan C/N terendah yaitu sebesar 36,333. Waktu pengamatan 25 hari perlakuan suhu 50 °C dengan media L4 (ampas 50% + blotong 40% + abu ketel 10%) dan inokulasi isolat *A. niger* FA 20, mempunyai kemampuan menurunkan perbandingan C/N terendah yaitu sebesar 22,517 . Waktu pengamatan 30 hari perlakuan suhu 50 °C dengan media L2 (ampas 75% + blotong 20% + abu ketel 5%) dan inokulasi isolat *A. niger* FA 20, mempunyai kemampuan menurunkan perbandingan C/N terendah yaitu sebesar 22,303.

5.2.7 Pengaruh Isolat Aktinomisetes , Media dan Suhu terhadap Hidrolisis Selulosa

Tabel Lampiran 7. menunjukkan bahwa pengamatan pada waktu inkubasi 5 hari, perlakuan suhu dan media berpengaruh sangat nyata terhadap hidrolisis selulosa.

Tabel Lampiran 7. menunjukkan bahwa pengamatan pada waktu inkubasi 15 hari, perlakuan suhu dan media berpengaruh sangat nyata terhadap hidrolisis selulosa.

Tabel Lampiran 7. menunjukkan bahwa pengamatan pada waktu inkubasi 20 hari, perlakuan suhu dan media berpengaruh sangat nyata terhadap hidrolisis selulosa.

Tabel Lampiran 7. menunjukkan bahwa pengamatan pada waktu inkubasi 25 hari, perlakuan suhu berpengaruh sangat nyata terhadap hidrolisis selulosa.

Tabel Lampiran 7. menunjukkan bahwa pengamatan pada waktu inkubasi 30 hari, perlakuan suhu dan media berpengaruh sangat nyata terhadap hidrolisis selulosa. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 5.36

Tabel 5.36 menunjukkan bahwa waktu pengamatan 5 hari perlakuan suhu 50 °C dengan media L4 (ampas 50% + blotong 40% + abu ketel 10%) dan inokulasi isolat *T. curvata* AA 0, mempunyai kemampuan menghidrolisis selulosa tertinggi yaitu sebesar 0,913 %. Waktu pengamatan 10 hari perlakuan suhu 50°C dengan media L3 (ampas 60% + blotong 30% + abu ketel 10%) dan inokulasi isolat *T. curvata* AA 0, mempunyai kemampuan menghidrolisis selulosa tertinggi yaitu sebesar

Tabel 5.36 Pengaruh Isolat Aktinomisetes, Media dan Suhu terhadap Hidrolisis Selulosa (%/hari)

Perlakuan	Prosentase Selulosa (%/hari)					
	5	10	15	20	25	30
<i>T. curvata</i> AA 0 L1S1	0,527 b	1,177 b	2,647 a	5,153 b	7,200 a	8,683 c
<i>T. curvata</i> AA 0 L2S1	0,657 a	1,680 ab	2,657 a	6,140 a	7,837 a	9,700 bc
<i>T. curvata</i> AA 0 L3S1	0,737 a	2,013 a	3,153 a	6,763 a	7,807 a	11,650 a
<i>T. curvata</i> AA 0 L4S1	0,757 a	1,867 a	3,543 a	6,750 a	7,850 a	10,867 ab
<i>T. curvata</i> AA 0 L1S2	0,700 b	1,920 a	3,450 a	6,900 a	8,647 a	11,457 a
<i>T. curvata</i> AA 0 L2S2	0,797 ab	2,160 a	3,937 a	6,833 a	8,690 a	12,570 a
<i>T. curvata</i> AA 0 L3S2	0,853 a	2,237 a	4,020 a	7,307 a	8,603 a	12,860 a
<i>T. curvata</i> AA 0 L4S2	0,913 a	1,777 a	4,353 a	7,113 a	8,850 a	12,223 a
<i>T. curvata</i> AA 0 L1S3	0,510 a	1,027 b	1,753 a	5,047 a	6,440 a	8,913 a
<i>T. curvata</i> AA 0 L2S3	0,567 a	1,210 ab	1,790 a	5,337 a	6,360 a	8,773 a
<i>T. curvata</i> AA 0 L3S3	0,603 a	1,233 ab	2,273 a	5,917 a	6,450 a	9,253 a
<i>T. curvata</i> AA 0 L4S3	0,617 a	1,607 a	2,127 a	5,807 a	6,357 a	8,243 a
<i>T. curvata</i> AA 13 L1S1	0,683 a	1,477 a	2,483 b	6,230 b	7,290 a	9,597 b
<i>T. curvata</i> AA 13 L2S1	0,717 a	1,813 a	2,710 ab	6,060 b	7,327 a	10,570 ab
<i>T. curvata</i> AA 13 L3S1	0,657 a	1,417 a	3,330 ab	6,570 ab	7,660 a	10,137 ab
<i>T. curvata</i> AA 13 L4S1	0,753 a	1,563 a	3,527 a	7,123 a	7,450 a	11,307 a
<i>T. curvata</i> AA 13 L1S2	0,763 b	1,883 a	3,547 a	7,157 a	8,300 a	11,543 a
<i>T. curvata</i> AA 13 L2S2	0,860 ab	2,090 a	3,867 a	7,090 a	8,623 a	12,370 a
<i>T. curvata</i> AA 13 L3S2	0,837 ab	1,990 a	4,447 a	7,390 a	8,937 a	11,730 a
<i>T. curvata</i> AA 13 L4S2	0,900 a	1,907 a	4,247 a	7,377 a	8,183 a	12,587 a
<i>T. curvata</i> AA 13 L1S3	0,580 a	1,303 a	1,683 a	5,743 a	6,120 a	7,707 a
<i>T. curvata</i> AA 13 L2S3	0,587 a	1,687 a	1,800 a	5,330 a	6,190 a	8,700 a
<i>T. curvata</i> AA 13 L3S3	0,623 a	1,290 a	1,157 a	5,857 a	6,183 a	8,610 a
<i>T. curvata</i> AA 13 L4S3	0,630 a	1,737 a	2,150 a	5,830 a	6,260 a	8,523 a

2,233 %. Waktu pengamatan 15 hari perlakuan suhu 50 °C dengan media L3 (ampas 60% + blotong 30% + abu ketel 10%) dan inokulasi isolat *T. curvata* AA 13, mempunyai kemampuan menghidrilosis selulosa tertinggi yaitu sebesar 4,447 %. Waktu pengamatan 20 hari perlakuan suhu 50°C dengan media L4 (ampas 50% + blotong 40% + abu ketel 10%) dan inokulasi isolat *T. curvata* AA 13, mempunyai kemampuan

menghidrolisis selulosa tertinggi yaitu sebesar 7,377 %. Waktu pengamatan 25 hari perlakuan suhu 50°C dengan media L3 (ampas 60% + blotong 30% + abu ketel 10%) dan iokulasi isolat *T. curvata* AA 13, mempunyai kemampuan menghidrolisis selulosa tertinggi yaitu sebesar 8,937 %. Waktu pengamatan 30 hari perlakuan suhu 50°C dengan media L3 (ampas 60% + blotong 30% + abu ketel 10%) dan inokulasi isolat *T. curvata* AA 0, mempunyai kemampuan menghidrolisis selulosa tertinggi yaitu sebesar 12,860 %.

5.2.8 Pengaruh Isolat Aktinomisetes , Media dan Suhu terhadap Hidrolisis Lignin

Tabel Lampiran 8 menunjukkan bahwa pengamatan pada waktu inkubasi 5 hari, perlakuan suhu berpengaruh sangat nyata dan media berpengaruh nyata terhadap hidrolisis lignin.

Tabel Lampiran 8 menunjukkan bahwa pengamatan pada waktu inkubasi 10 hari, perlakuan suhu berpengaruh sangat nyata dan media berpengaruh nyata terhadap hidrolisis lignin.

Tabel Lampiran 8 menunjukkan bahwa pengamatan pada waktu inkubasi 15 hari, perlakuan suhu dan media berpengaruh sangat nyata dan aktinomisetes berpengaruh nyata terhadap hidrolisis lignin.

Tabel Lampiran 8 menunjukkan bahwa pengamatan pada waktu inkubasi 20 hari, perlakuan suhu berpengaruh sangat nyata terhadap hidrolisis lignin. Untuk lebih jelasnya

dapat dilihat pada Tabel 5.37

Tabel 5.37 Pengaruh Isolat Aktinomisetes, Media dan Suhu terhadap Hidrolisis Lignin (%/hari)

Perlakuan	Prosentase Lignin (%/hari)			
	5	10	15	20
<i>T. curvata</i> AA 0 L1S1	0,357 b	0,613 a	0,840 b	1,217 a
<i>T. curvata</i> AA 0 L2S1	0,493 ab	0,707 a	1,160 a	1,297 a
<i>T. curvata</i> AA 0 L3S1	0,557 a	0,760 a	1,323 a	1,250 a
<i>T. curvata</i> AA 0 L4S1	0,553 a	0,693 a	1,017 ab	1,337 a
<i>T. curvata</i> AA 0 L1S2	0,650 ab	0,737 a	0,814 b	1,347 a
<i>T. curvata</i> AA 0 L2S2	0,530 b	0,750 a	1,300 a	1,433 a
<i>T. curvata</i> AA 0 L3S2	0,640 ab	0,733 a	1,343 a	1,390 a
<i>T. curvata</i> AA 0 L4S2	0,723 a	0,840 a	1,293 a	1,430 a
<i>T. curvata</i> AA 0 L1S3	0,277 a	0,447 a	0,757 a	1,040 a
<i>T. curvata</i> AA 0 L2S3	0,377 a	0,473 a	0,883 a	1,133 a
<i>T. curvata</i> AA 0 L3S3	0,303 a	0,573 a	0,753 a	1,103 a
<i>T. curvata</i> AA 0 L4S3	0,327 a	0,587 a	0,773 a	1,107 a
<i>T. curvata</i> AA 13 L1S1	0,390 a	0,707 a	1,100 a	1,237 a
<i>T. curvata</i> AA 13 L2S1	0,543 a	0,697 a	1,250 a	1,233 a
<i>T. curvata</i> AA 13 L3S1	0,473 a	0,740 a	1,330 a	1,313 a
<i>T. curvata</i> AA 13 L4S1	0,547 a	0,703 a	1,183 a	1,327 a
<i>T. curvata</i> AA 13 L1S2	0,593 a	0,767 a	1,310 a	1,340 a
<i>T. curvata</i> AA 13 L2S2	0,670 a	0,827 a	1,373 a	1,387 a
<i>T. curvata</i> AA 13 L3S2	0,623 a	0,853 a	1,310 a	1,460 a
<i>T. curvata</i> AA 13 L4S2	0,640 a	0,727 a	1,363 a	1,440 a
<i>T. curvata</i> AA 13 L1S3	0,300 a	0,510 ab	0,733 a	1,030 a
<i>T. curvata</i> AA 13 L2S3	0,340 a	0,493 b	0,917 a	1,060 a
<i>T. curvata</i> AA 13 L3S3	0,377 a	0,647 a	0,757 a	1,120 a
<i>T. curvata</i> AA 13 L4S3	0,397 a	0,570 ab	0,833 a	1,143 a

Tabel 5.37 menunjukkan bahwa waktu pengamatan 5 hari perlakuan suhu 50°C dengan media L4 (ampas 50% + blotong 40% + abu ketel 10%) dan inokulasi isolat *T. curvata* AA 0, mempunyai kemampuan menghidrolisis lignin tertinggi yaitu sebesar 0,723 %. Waktu pengamatan 10 hari perlakuan suhu

50°C dengan media L3 (ampas 60% + blotong 30% + abu ketel 10%) dan inokulasi isolat *T. curvata* AA13, mempunyai kemampuan menghidrolisis lignin tertinggi yaitu sebesar 0,853 %.

Waktu pengamatan 15 hari perlakuan suhu 50 °C dengan media L2 (ampas 75% + blotong 20% + abu ketel 5%) dan inokulasi isolat *T. curvata* AA 13, mempunyai kemampuan menghidrolisis lignin tertinggi yaitu sebesar 1,373 %. Waktu pengamatan 20 hari perlakuan suhu 50°C dengan media L3 (ampas 60% + blotong 30% + abu ketel 10%) dan inokulasi isolat *T. curvata* AA 13, mempunyai kemampuan menghidrolisis lignin tertinggi yaitu sebesar 1,460 %. Waktu pengamatan 25 hari perlakuan suhu 50°C dengan media L4 (ampas 50% + blotong 40% + abu ketel 10%) dan inokulasi isolat *T. curvata* AA 0, mempunyai kemampuan menghidrolisis lignin tertinggi yaitu sebesar 4,200 %.

Waktu pengamatan 30 hari perlakuan suhu 50°C dengan media L3 (ampas 60% + blotong 30% + abu ketel 10%) dan inokulasi isolat *T. curvata* AA 0, dan media L2 (ampas 75% + blotong 20% + abu ketel 5%) pada isolat M2 (*T. curvata* AA 13) mempunyai kemampuan menghidrolisis lignin tertinggi yaitu sebesar 7,283 %.

Terbukti bahwa terjadi interaksi nyata antara perlakuan aktinomisetes dan media terhadap hidrolisis lignin (Tabel Lampiran 5) pada waktu pengamatan 25 hari sebagaimana tercantum dalam Tabel 5.38

Tabel 5.38 Interaksi antara Isolat Aktinomisetes dan Media terhadap Hidrolisis Lignin pada Waktu Inkubasi 25 Hari

Perlakuan	Prosentase Lignin (%/hari)
<i>T. curvata</i> AA 0 L1S1	2,407 bc
<i>T. curvata</i> AA 0 L2S1	2,950 bc
<i>T. curvata</i> AA 0 L3S1	3,693 ab
<i>T. curvata</i> AA 0 L4S1	3,353 ab
<i>T. curvata</i> AA 0 L1S2	3,240 ab
<i>T. curvata</i> AA 0 L2S2	4,093 ab
<i>T. curvata</i> AA 0 L3S2	4,193 a
<i>T. curvata</i> AA 0 L4S2	4,200 a
<i>T. curvata</i> AA 0 L1S3	1,787 c
<i>T. curvata</i> AA 0 L2S3	2,190 bc
<i>T. curvata</i> AA 0 L3S3	2,310 bc
<i>T. curvata</i> AA 0 L4S3	2,273 bc
<i>T. curvata</i> AA 13 L1S1	3,123 b
<i>T. curvata</i> AA 13 L2S1	2,240 bc
<i>T. curvata</i> AA 13 L3S1	3,187 ab
<i>T. curvata</i> AA 13 L4S1	2,947 bc
<i>T. curvata</i> AA 13 L1S2	4,000 ab
<i>T. curvata</i> AA 13 L2S2	3,983 ab
<i>T. curvata</i> AA 13 L3S2	4,030 ab
<i>T. curvata</i> AA 13 L4S2	3,903 ab
<i>T. curvata</i> AA 13 L1S3	2,037 c
<i>T. curvata</i> AA 13 L2S3	2,270 bc
<i>T. curvata</i> AA 13 L3S3	2,260 bc
<i>T. curvata</i> AA 13 L4S3	1,793 c

Perlakuan inokulasi *T. curvata* AA 0 L4 S2 dengan komposisi media ampas 50% + blotong 40% + abu ketel 10% dan suhu 50°C menghasilkan lignin terbesar yaitu 4,200 %, walaupun tidak berbeda nyata dengan perlakuan inokulasi *T. curvata* AA 0 L3 S2 dengan komposisi media ampas 60% + blotong 30% + abu ketel 10% dan suhu 50°C yaitu sebesar

4,193 %. Demikian pula waktu pengamatan 30 hari terjadi interaksi nyata antara perlakuan suhu dan aktinomisetes terhadap hidrolisis lignin (Tabel Lampiran 5) sebagaimana yang tercantum dalam Tabel 5.39

Tabel 5.39 Interaksi antara Isolat Aktinomisetes dan Media terhadap Hidrolisis Lignin pada Waktu Inkubasi 30 Hari

Perlakuan	Prosentase Lignin (%/hari)
<i>T. curvata</i> AA 0 L1S1	4,747 c
<i>T. curvata</i> AA 0 L2S1	6,643 ab
<i>T. curvata</i> AA 0 L3S1	5,827 bc
<i>T. curvata</i> AA 0 L4S1	6,087 b
<i>T. curvata</i> AA 0 L1S2	6,027 bc
<i>T. curvata</i> AA 0 L2S2	7,087 ab
<i>T. curvata</i> AA 0 L3S2	7,283 a
<i>T. curvata</i> AA 0 L4S2	6,987 ab
<i>T. curvata</i> AA 0 L1S3	4,863 c
<i>T. curvata</i> AA 0 L2S3	5,090 bc
<i>T. curvata</i> AA 0 L3S3	5,787 bc
<i>T. curvata</i> AA 0 L4S3	5,783 bc
<i>T. curvata</i> AA 13 L1S1	6,200 ab
<i>T. curvata</i> AA 13 L2S1	6,797 ab
<i>T. curvata</i> AA 13 L3S1	6,747 ab
<i>T. curvata</i> AA 13 L4S1	6,630 ab
<i>T. curvata</i> AA 13 L1S2	7,020 ab
<i>T. curvata</i> AA 13 L2S2	7,283 a
<i>T. curvata</i> AA 13 L3S2	7,020 ab
<i>T. curvata</i> AA 13 L4S2	7,093 ab
<i>T. curvata</i> AA 13 L1S3	4,873 c
<i>T. curvata</i> AA 13 L2S3	5,813 bc
<i>T. curvata</i> AA 13 L3S3	5,500 bc
<i>T. curvata</i> AA 13 L4S3	5,473 bc

Perlakuan inokulasi *T. curvata* AA 13 L2 S2 dengan komposisi media ampas 75% + blotong 20% + abu ketel 5% dan suhu 50°C menghasilkan lignin tertinggi sebesar 7,283 %.

5.2.9 Pengaruh Isolat Aktinomisetes, Media dan Suhu terhadap Perbandingan C/N

Tabel Lampiran 9 menunjukkan bahwa pengamatan pada waktu inkubasi 5 hari, terjadi interaksi sangat nyata antara perlakuan suhu dan media terhadap perbandingan C/N seperti terlihat pada Tabel 5.40

Tabel 5.40 Interaksi Suhu dan Media terhadap Perbandingan C/N pada Waktu Inkubasi 5 Hari

Perlakuan	Perbandingan C/N
<i>T. curvata</i> AA 0 L1S1	125,280 ab
<i>T. curvata</i> AA 0 L2S1	127,650 a
<i>T. curvata</i> AA 0 L3S1	112,693 ab
<i>T. curvata</i> AA 0 L4S1	110,133 b
<i>T. curvata</i> AA 0 L1S2	111,103 ab
<i>T. curvata</i> AA 0 L2S2	123,617 a
<i>T. curvata</i> AA 0 L3S2	106,283 b
<i>T. curvata</i> AA 0 L4S2	89,153 c
<i>T. curvata</i> AA 0 L1S3	127,377 a
<i>T. curvata</i> AA 0 L2S3	106,863 b
<i>T. curvata</i> AA 0 L3S3	102,330 b
<i>T. curvata</i> AA 0 L4S3	105,080 b
<i>T. curvata</i> AA 13 L1S1	126,070 a
<i>T. curvata</i> AA 13 L2S1	119,910 a
<i>T. curvata</i> AA 13 L3S1	118,430 a
<i>T. curvata</i> AA 13 L4S1	96,700 b
<i>T. curvata</i> AA 13 L1S2	126,070 a
<i>T. curvata</i> AA 13 L2S2	119,910 ab
<i>T. curvata</i> AA 13 L3S2	118,430 b
<i>T. curvata</i> AA 13 L4S2	96,700 c
<i>T. curvata</i> AA 13 L1S3	115,667 a
<i>T. curvata</i> AA 13 L2S3	95,143 b
<i>T. curvata</i> AA 13 L3S3	91,450 b
<i>T. curvata</i> AA 13 L4S3	105,363 ab

Perlakuan inokulasi *T. curvata* AA 0 L4 S2 dengan komposisi media ampas 50% + blotong 40% + abu ketel 10% dan

suhu 50°C, merupakan komposisi terbaik dan terbukti mampu menurunkan perbandingan C/N terbesar yaitu 89,153.

Selanjutnya pada waktu pengamatan 10 hari terjadi juga interaksi sangat nyata antara perlakuan suhu dan media (Tabel Lampiran 9) terhadap perbandingan C/N seperti yang tercantum pada Tabel 5.41

Tabel 5.41 Interaksi antara Suhu dan Media terhadap Perbandingan C/N pada Waktu Pengamatan 10 Hari

Perlakuan	Perbandingan C/N
<i>T. curvata</i> AA 0 L1S1	86,387 a
<i>T. curvata</i> AA 0 L2S1	84,657 a
<i>T. curvata</i> AA 0 L3S1	75,977 ab
<i>T. curvata</i> AA 0 L4S1	72,730 b
<i>T. curvata</i> AA 0 L1S2	86,193 a
<i>T. curvata</i> AA 0 L2S2	72,273 b
<i>T. curvata</i> AA 0 L3S2	84,937 a
<i>T. curvata</i> AA 0 L4S2	85,487 a
<i>T. curvata</i> AA 0 L1S3	92,300 ab
<i>T. curvata</i> AA 0 L2S3	95,530 a
<i>T. curvata</i> AA 0 L3S3	84,023 bc
<i>T. curvata</i> AA 0 L4S3	76,177 c
<i>T. curvata</i> AA 13 L1S1	95,177 a
<i>T. curvata</i> AA 13 L2S1	90,023 a
<i>T. curvata</i> AA 13 L3S1	75,577 b
<i>T. curvata</i> AA 13 L4S1	71,433 b
<i>T. curvata</i> AA 13 L1S2	84,117 a
<i>T. curvata</i> AA 13 L2S2	75,323 a
<i>T. curvata</i> AA 13 L3S2	81,060 a
<i>T. curvata</i> AA 13 L4S2	82,773 a
<i>T. curvata</i> AA 13 L1S3	87,460 a
<i>T. curvata</i> AA 13 L2S3	90,130 a
<i>T. curvata</i> AA 13 L3S3	82,457 a
<i>T. curvata</i> AA 13 L4S3	84,937 a

Perlakuan inokulasi *T. curvata* AA 13 L4 S1 dengan komposisi limbah padat dari ampas 50% + blotong 40% + abu ketel 10% dan suhu 40°C, merupakan perlakuan yang mampu menurunkan perbandingan C/N terendah yaitu sebesar 71,433 .

Demikian pula berdasarkan Tabel Lampiran 9 menunjukkan bahwa pengamatan pada waktu 15 hari, perlakuan media berpengaruh nyata terhadap perbandingan C/N.

Tabel Lampiran 9 menunjukkan bahwa pengamatan pada waktu 20 hari, perlakuan media berpengaruh nyata terhadap perbandingan C/N.

Tabel Lampiran 9 menunjukkan bahwa pengamatan pada waktu 25 hari, perlakuan suhu berpengaruh sangat nyata terhadap perbandingan C/N.

Tabel Lampiran 9 menunjukkan bahwa pengamatan pada waktu inkubasi 30 hari, perlakuan suhu berpengaruh sangat nyata dan media berpengaruh nyata terhadap perbandingan C/N. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 5.42

Tabel 5.42 menunjukkan bahwa waktu pengamatan 5 hari perlakuan suhu 60 °C dengan media L3 (ampas 60% + blotong 30% + abu ketel 10%) dan inokulasi isolat *T. curvata* AA 13, mempunyai kemampuan menurunkan perbandingan C/N terendah yaitu sebesar 91,450. Waktu pengamatan 10 hari perlakuan suhu 40 °C dengan media L4 (ampas 50% + blotong 40% + abu ketel 10%) dan inokulasi isolat *T. curvata* AA 13, mempunyai kemampuan menurunkan perbandingan C/N terendah yaitu sebesar 71,433. Waktu pengamatan 15 hari perlakuan suhu 50 °C

Tabel 5.42 Pengaruh Isolat Aktinomisetes, Media dan Suhu terhadap Perbandingan C/N pada Waktu Inkubasi 15, 20, 25 dan 30 Hari

Perlakuan	Perbandingan C/N (hari)			
	15	20	25	30
<i>T. curvata</i> AA 0 L1S1	68,830 a	52,907 a	39,277 a	29,500 a
<i>T. curvata</i> AA 0 L2S1	67,367 a	57,517 a	37,543 a	28,467 a
<i>T. curvata</i> AA 0 L3S1	73,003 a	55,190 a	38,987 a	27,263 a
<i>T. curvata</i> AA 0 L4S1	69,383 a	53,600 a	37,257 a	27,697 a
<i>T. curvata</i> AA 0 L1S2	65,997 a	44,757 a	33,167 a	27,563 a
<i>T. curvata</i> AA 0 L2S2	57,543 a	44,073 a	36,263 a	22,483 a
<i>T. curvata</i> AA 0 L3S2	63,530 a	43,000 a	29,810 a	23,783 a
<i>T. curvata</i> AA 0 L4S2	62,153 a	44,407 a	33,603 a	22,887 a
<i>T. curvata</i> AA 0 L1S3	83,333 a	60,870 a	39,353 a	32,340 a
<i>T. curvata</i> AA 0 L2S3	70,253 b	59,200 a	42,130 a	25,210 b
<i>T. curvata</i> AA 0 L3S3	77,420 ab	58,867 a	38,117 a	32,940 a
<i>T. curvata</i> AA 0 L4S3	69,153 b	48,890 b	36,070 a	29,560 ab
<i>T. curvata</i> AA 13 L1S1	77,287 a	55,600 a	37,880 a	27,460 a
<i>T. curvata</i> AA 13 L2S1	69,010 a	49,163 a	41,063 a	29,200 a
<i>T. curvata</i> AA 13 L3S1	69,160 a	51,860 a	35,600 a	27,513 a
<i>T. curvata</i> AA 13 L4S1	70,237 a	46,730 a	34,763 a	31,007 a
<i>T. curvata</i> AA 13 L1S2	64,793 a	46,333 a	31,673 a	23,657 a
<i>T. curvata</i> AA 13 L2S2	65,023 a	42,857 a	32,117 a	22,633 a
<i>T. curvata</i> AA 13 L3S2	60,830 a	43,190 a	33,953 a	21,643 a
<i>T. curvata</i> AA 13 L4S2	59,887 a	43,177 a	30,940 a	22,213 a
<i>T. curvata</i> AA 13 L1S3	74,047 a	61,897 a	39,193 a	36,257 a
<i>T. curvata</i> AA 13 L2S3	77,160 a	60,473 a	38,837 a	29,200 bc
<i>T. curvata</i> AA 13 L3S3	75,833 a	53,360 a	36,817 a	27,690 c
<i>T. curvata</i> AA 13 L4S3	74,250 a	53,377 a	36,390 a	34,827 ab

dengan media L4 (ampas 50% + blotong 40% + abu ketel 10%) dan inokulasi isolat *T. curvata* AA 13, mempunyai kemampuan menurunkan perbandingan C/N terendah yaitu sebesar 59,887. Waktu pengamatan 20 hari perlakuan suhu 50 °C dengan media L2 (ampas 75% + blotong 20% + abu ketel 5%) dan inokulasi isolat *T. curvata* AA 13, mempunyai kemampuan menurunkan

perbandingan C/N terendah yaitu sebesar 42,857. Waktu pengamatan 25 hari perlakuan suhu 50 °C dengan media L4 (ampas 50% + blotong 40% + abu ketel 10%) dan inokulasi isolat *T. curvata* AA 13, mempunyai kemampuan menurunkan perbandingan C/N terendah yaitu sebesar 30,940. Waktu pengamatan 30 hari perlakuan suhu 50 °C dengan media L3 (ampas 60% + blotong 30% + abu ketel 10%) dan inokulasi isolat *T. curvata* AA 13, mempunyai kemampuan menurunkan perbandingan C/N terendah yaitu sebesar 21,643.

Untuk membuktikan kemampuan efektivitas dalam menghidrolisis selulosa, lignin dan menurunkan perbandingan C/N masing-masing isolat bakteri, fungi dan aktinomisetes yang terseleksi dan teruji serta didukung oleh hasil penelitian di Laboratorium skala stimulasi fermentor tersebut, maka dicoba pula kemampuan memproduksi dalam fermentor kapasitas 500 liter, selama fermentasi dengan hasil sebagaimana tercantum dalam Tabel 5.43

Tabel 5.43 Perlakuan Fermentor terhadap Produksi Isolat Bakteri, Fungi dan Aktinomisetes Selulolitik Selama 48 Jam (kg/jam)

Perlakuan	Produksi (kg/jam)
<i>C. speciosa</i> BA 9	9,46
<i>C. speciosa</i> BA 4	8,28
<i>A. niger</i> FA 22	8,75
<i>A. niger</i> FA 20	6,94
<i>T. curvata</i> AA 13	9,32
<i>T. curvata</i> AA 0	10,53

Berdasarkan Tabel 5.43 menunjukkan bahwa produksi dari masing-masing isolat bakteri, fungi dan aktinomisetes selulolitik cukup tinggi walaupun bervariasi. Berkaitan dengan produksi maka masing-masing isolat bakteri, fungi, aktinomisetes selulolitik yang menghasilkan produksi tertinggi, digunakan dasar penentu perlakuan macam mikroorganisme pada percobaan di lapang. Dasar penentuan perlakuan macam mikroorganisme ini juga didukung oleh hasil penelitian pada waktu percobaan di laboratorium dengan skala simulasi fermentor.

5.3 Penelitian di Lapang

5.3.1 Pengaruh perlakuan Macam Mikroorganisme dan Komposisi Limbah Padat Secara Visual

Untuk membuktikan secara visual perlakuan macam mikroorganisme dan komposisi limbah padat berpengaruh terhadap proses pengomposan ditunjukkan pada Gambar 5.7



Gambar 5.7 Kompos Hasil Perubahan Limbah Padat

Berdasarkan pengamatan secara visual tersebut maka ada perbedaan yang sangat mencolok penampakan dari masing-masing perlakuan. Terbukti pada waktu pengamatan 30 hari tumpukan limbah padat sudah ada yang menjadi kompos dengan tanda-tanda:

1. Struktur lepas, tidak lekat dan tidak menggumpal
2. Berwarna coklat hitam sampai hitam
3. Tinggi tumpukan ada yang tinggal 1/2 bagian dari tumpukan semula
4. Tidak bau busuk, karena bau busuk menunjukkan dekomposisi belum selesai

Untuk membuktikan secara kimiawi apakah perlakuan macam isolat mikroorganisme dan komposisi limbah padat, berpengaruh atau terjadi interaksi terhadap hidrolisis selulosa dan lignin sehingga akan mempercepat proses pengomposan dapat ditunjukkan melalui bukti-bukti pada waktu pengamatan percobaan di lapang.

5.3.2 Pengaruh Macam Isolat Mikroorganisme dan Komposisi Limbah Padat terhadap Hidrolisis Selulosa

Tabel Lampiran 10. menunjukkan bahwa pengamatan pada waktu inkubasi 10 hari, perlakuan isolat mikroorganisme berpengaruh sangat nyata terhadap hidrolisis selulosa.

Tabel Lampiran 10. menunjukkan bahwa pengamatan pada waktu inkubasi 60 hari, perlakuan macam isolat mikroorganisme berpengaruh sangat nyata terhadap hidrolisis selulosa.

Tabel Lampiran 10. menunjukkan bahwa pengamatan pada waktu inkubasi 120 hari, perlakuan macam isolat mikroorganisme dan komposisi limbah padat berpengaruh sangat nyata terhadap hidrolisis selulosa . Hal ini dapat dilihat pada Tabel 5.44

Tabel 5.44 perlakuan M8 L2 (inokulasi *C. speciosa* BA 9, *A. niger* FA 22 dan *T. curvata* AA 0 dengan komposisi limbah padat ampas 75% + blotong 20% + abu ketel 5%), mampu menghidrolisis selulosa tertinggi yaitu sebesar 2,773 % pada

Tabel 5.44 Pengaruh Macam Isolat Mikroorganisme dan Komposisi Limbah Padat terhadap Hidrolisis Selulosa Pada Waktu Pengamatan 10, 60, 90 dan 120 Hari (%/hari)

Perlakuan	Prosentase Selulosa (%/hari)			
	10	60	90	120
M1L1	0,607 c	3,823 c	3,803 b	1,317 c
M2L1	1,163 bc	5,650 b	5,327 a	2,900 b
M3L1	1,590 ab	6,087 ab	6,207 a	2,933 b
M4L1	1,643 ab	4,113 c	5,767 a	2,847 b
M5L1	1,933 ab	6,840 a	6,187 a	3,260 b
M6L1	1,710 ab	4,470 c	6,017 a	3,190 b
M7L1	1,217 bc	4,390 c	5,477 a	3,273 b
M8L1	2,280 a	6,840 a	6,703 a	4,373 a
M1L2	0,820 c	5,353 e	5,687 b	3,350 d
M2L2	1,420 bc	6,867 cd	6,797 ab	4,350 cd
M3L2	2,060 ab	8,003 b	7,420 a	3,823 cd
M4L2	1,493 bc	6,417 de	6,280 ab	4,537 bc
M5L2	1,937 b	7,603 bc	6,630 ab	3,990 cd
M6L2	1,553 bc	5,403 e	6,243 ab	4,857 abc
M7L2	1,697 b	6,480 de	6,760 ab	5,537 ab
M8L2	2,773 a	9,517 a	7,600 a	5,843 a
M1L3	0,923 d	5,827 d	6,290 a	3,717 c
M2L3	1,587 cd	6,870 cd	7,290 a	5,137 b
M3L3	2,137 abc	8,347 b	7,353 a	4,453 bc
M4L3	1,780 bc	6,337 cd	7,180 a	4,853 b
M5L3	2,407 ab	8,657 ab	7,397 a	4,623 bc
M6L3	1,460 cd	6,050 cd	7,130 a	4,900 b
M7L3	1,643 bcd	7,120 c	6,427 a	5,003 b
M8L3	2,707 a	9,487 a	7,677 a	6,457 a
M1L4	1,007 c	5,703 d	6,073 b	3,337 d
M2L4	1,683 bc	7,277 c	6,693 b	5,203 bc
M3L4	1,940 ab	9,003 b	7,083 ab	4,607 c
M4L4	1,470 bc	6,583 cd	6,933 ab	5,320 bc
M5L4	2,500 a	8,843 b	7,103 ab	4,807 bc
M6L4	2,100 ab	6,317 cd	6,430 b	5,393 bc
M7L4	1,497 bc	7,180 c	6,927 ab	5,857 b
M8L4	2,560 a	10,097 a	8,140 a	7,320 a

pengamatan 10 hari. Waktu pengamatan 60, 90 dan 120 hari perlakuan M8 L4 (inokulasi *C. speciosa* BA 9, *A. niger* FA 22 dan *T. curvata* AA 0 dengan komposisi limbah padat ampas 50%

+ blotong 40% + abu ketel 10%), mampu menghidrolisis selulosa tertinggi sebesar 10,097 %, 8,140 % dan 7,320 %. Sebaliknya tanpa inokulasi isolat *C. speciosa* BA 9, *A. niger* FA 22 dan *T. curvata* AA 0, prosentase selulosa tertinggi waktu pengamatan 10, 60, 90 dan 120 hari masing-masing sebesar 1,007 % pada perlakuan M1 L4 (tanpa isolat dengan komposisi limbah padat ampas 50% + blotong 40% + abu ketel 10%) , 5,827 %, 6,290 %, dan 3,717 % terjadi pada perlakuan M1 L3 (tanpa isolat dengan komposisi limbah padat ampas 60% + blotong 30% + abu ketel 10%). Dengan demikian kemampuan maksimum untuk menghidrolisis selulosa pada proses pengomposan bila tanpa inokulasi, hanya 6,290 % dan terjadi pada perlakuan M1L3 (tanpa inokulasi isolat dengan komposisi limbah padat ampas 60% + blotong 30% + abu ketel 10%).

Berdasarkan Tabel Lampiran 10 terjadi interaksi yang sangat nyata antara perlakuan macam isolat mikroorganisme dan komposisi limbah padat terhadap hidrolisis selulosa limbah padat pada waktu pengamatan 20, 30 dan 150 hari. Hal ini dapat di lihat pada Tabel 5.45

Pada Tabel 5.45 dapat di lihat bahwa pada waktu pengamatan 20 hari perlakuan M8 L4 (inokulasi isolat *C. speciosa* BA 9, *A. niger* FA 22 dan *T. curvata* AA 0 dengan komposisi limbah padat ampas 50% + blotong 40% + abu ketel 10%) mempunyai kemampuan menghidrolisis selulosa sebesar

Tabel 5.45 Interaksi Macam Isolat Mikroorganisme dan Komposisi Limbah Padat terhadap Hidrolisis Selulosa Pada Waktu Pengamatan 20, 30 dan 150 Hari (%/hari)

Perlakuan	Prosentase Selulosa (%/hari)		
	20	30	150
M1L1	0,967 m	2,563 e	0,483 g
M2L1	3,693 j	5,473 cd	0,977 fg
M3L1	5,153 g	6,193 cd	1,500 f
M4L1	2,423 l	4,903 d	0,563 g
M5L1	5,360 g	6,127 cd	2,087 ef
M6L1	3,080 k	6,370 cd	0,763 fg
M7L1	3,027 kl	4,750 d	1,077 fg
M8L1	6,693 e	6,710 cd	2,260 ef
M1L2	1,217 m	3,293 de	1,330 fg
M2L2	3,830 ij	5,417 cd	1,430 f
M3L2	5,940 f	7,113 bc	3,287 d
M4L2	2,617 l	4,617 d	1,207 fg
M5L2	7,683 d	6,687 cd	4,363 bc
M6L2	3,390 jk	4,273 de	2,870 de
M7L2	3,763 j	5,057 cd	3,320 d
M8L2	8,587 b	8,870 b	4,633 bc
M1L3	1,210 m	3,430 de	1,943 ef
M2L3	4,693 h	5,780 cd	2,337 e
M3L3	6,250 ef	6,837 c	3,340 d
M4L3	2,200 l	4,857 d	1,393 f
M5L3	8,133 c	7,973 c	4,173 c
M6L3	3,887 ij	5,417 cd	3,213 d
M7L3	4,343 hi	4,817 d	3,047 de
M8L3	9,317 a	10,520 ab	4,957 b
M1L4	1,077 m	3,670 de	1,667 ef
M2L4	4,083 ij	5,657 cd	2,633 de
M3L4	6,673 e	6,767 c	2,843 de
M4L4	3,217 k	4,973 d	1,687 ef
M5L4	8,090 ed	10,637 ab	4,570 bc
M6L4	4,003 ij	5,223 cd	3,610 cd
M7L4	4,210 i	5,830 cd	3,653 cd
M8L4	9,390 a	11,013 a	5,843 a

9,390 %. Waktu pengamatan 30 hari perlakuan M8 L4 (inokulasi isolat *C. speciosa* BA 9, *A. niger* FA 22 dan *T. curvata* AA 0 dengan komposisi limbah padat ampas 50% +

blotong 40% + abu ketel 10%) mampu menghidrolisis selulosa tertinggi sebesar 11,013 % walaupun tidak berbeda nyata dengan perlakuan lain. Waktu pengamatan 120 hari perlakuan M8 L4 (inokulasi isolat *C. speciosa* BA 9, *A. niger* FA 22 dan *T. curvata* AA 0 dengan komposisi limbah padat ampas 50% + blotong 40% + abu ketel 10%) menghidrolisis selulosa tertinggi sebesar 5,843 %. Sebaliknya bila tanpa inokulasi isolat *C. speciosa* BA 9, *A. niger* FA 22 dan *T. curvata* AA 0 prosentase penurunan selulosa tertinggi waktu pengamatan 20, 30 dan 150 hari masing-masing sebesar 1,217 % pada perlakuan M1 L2 (tanpa isolat dengan komposisi limbah padat ampas 75% + blotong 20% + abu ketel 5%), 3,670 % pada perlakuan M1 L4 (tanpa isolat dengan komposisi limbah padat ampas 50% + blotong 40% + abu ketel 10%), 3,670 % pada perlakuan M1 L3 (tanpa isolat dengan komposisi limbah padat ampas 60% + blotong 30% + abu ketel 10%).

5.3.3 Pengaruh Macam Isolat Mikroorganisme dan Komposisi Limbah Padat terhadap Hidrolisis Lignin

Tabel Lampiran 11 menunjukkan terjadinya interaksi yang sangat nyata, antara perlakuan macam mikroorganisme dan komposisi limbah padat terhadap hidrolisis lignin pada waktu pengamatan 10, 20, 30, 60, 90, 120 dan 150 hari. Hal ini dapat di lihat pada Tabel 5.46

Tabel 5.46 Interaksi Macam Isolat Mikroorganisme dan Komposisi Limbah Padat terhadap Hidrolisis Lignin Pada Waktu Pengamatan 10, 20, 30, 60, 90, 120 dan 150 Hari (%/hari)

Perlakuan	Prosentase Lignin (%/hari)						
	10	20	30	60	90	120	150
M1L1	0,170 d	0,350 f	0,747 e	0,987 e	0,950 f	0,673 c	0,197 c
M2L1	0,237 d	0,460 ef	0,963 e	1,117 e	1,447 ef	1,133 c	0,287 c
M3L1	0,290 cd	0,583 e	1,037 e	2,630 de	2,760 de	2,353 bc	0,403 bc
M4L1	0,200 d	0,477 ef	0,597 e	1,047 e	1,187 ef	0,997 c	0,220 c
M5L1	0,260 d	0,497 ef	0,987 e	2,903 d	3,340 d	3,123 bc	0,670 bc
M6L1	0,213 d	0,417 ef	1,127 e	1,260 e	1,203 ef	0,983 c	1,230 bc
M7L1	0,370 cd	0,417 ef	1,057 e	1,147 e	1,333 ef	1,240 c	0,353 c
M8L1	0,233 d	0,527 ef	1,180 e	4,180 c	4,037 cd	5,000 ab	0,810 bc
M1L2	0,327 cd	0,717 de	1,063 e	1,457 e	1,727 ef	1,827 c	0,330 c
M2L2	0,517 bc	1,020 cd	4,190 d	4,627 b	4,440 c	4,270 ab	1,903 ab
M3L2	0,537 bc	1,250 bc	5,553 c	5,210 bc	5,213 bc	4,757 ab	1,907 ab
M4L2	0,420 c	1,137 c	3,430 d	3,853 cd	4,401 cd	4,143 ab	0,661 bc
M5L2	0,727 a	1,353 bc	7,480 b	7,313 a	7,543 a	5,720 ab	1,757 ab
M6L2	0,447 bc	1,277 bc	4,317 d	4,823 bc	4,900 bc	4,303 ab	0,843 ab
M7L2	0,413 c	1,133 c	4,377 d	5,497 b	5,777 bc	5,187 ab	1,263 b
M8L2	0,770 a	1,497 a	7,547 b	7,533 a	7,747 a	5,347 ab	1,930 ab
M1L3	0,277 d	0,843 d	1,053 e	1,807 de	1,900 ef	1,787 c	0,363 c
M2L3	0,473 bc	1,140 c	5,030 cd	5,210 bc	4,670 c	4,197 ab	1,953 ab
M3L3	0,487 bc	1,277 bc	5,587 bc	5,247 bc	5,217 bc	5,000 ab	1,887 ab
M4L3	0,433 bc	1,210 bc	3,717 d	4,630 bc	4,760 c	4,110 ab	0,613 bc
M5L3	0,710 a	1,377 b	8,347 a	7,490 a	7,680 a	5,853 a	2,517 a
M6L3	0,437 bc	1,217 bc	4,387 d	5,390 bc	4,867 bc	4,177 ab	1,117 bc
M7L3	0,400 cd	1,193 bc	4,890 cd	5,253 bc	5,677 bc	5,287 ab	1,213 bc
M8L3	0,723 a	1,560 a	8,667 a	8,050 a	7,897 a	5,490 ab	2,387 a
M1L4	0,373 cd	0,847 d	1,037 e	2,653 de	2,103 e	1,830 c	0,357 c
M2L4	0,463 bc	1,283 bc	5,547 c	5,283 bc	4,933 bc	4,537 ab	1,783 ab
M3L4	0,560 b	1,367 b	6,490 bc	5,460 b	5,860 b	5,573 ab	2,327 a
M4L4	0,377 cd	1,113 c	3,673 d	4,823 bc	5,080 bc	4,033 ab	0,560 bc
M5L4	0,727 a	1,343 bc	7,457 b	8,317 a	7,243 a	5,717 ab	2,513 a
M6L4	0,443 bc	1,093 c	3,737 d	4,653 bc	4,973 bc	4,260 ab	1,077 bc
M7L4	0,463 bc	1,173 bc	5,220 cd	5,420 b	5,670 bc	3,943 b	1,267 b
M8L4	0,757 a	1,653 a	8,400 a	8,210 a	8,120 a	5,833 a	2,453 a

Tabel 5.46 dapat di lihat bahwa pengamatan 10 hari perlakuan M8 L2 (inokulasi isolat *C. speciosa* BA 9, *A. niger* FA 22 dan *T. curvata* AA 0 dengan komposisi limbah padat ampas 75% + blotong 20% + abu ketel 5%), mempunyai kemampuan menghidrolisis lignin terbanyak yaitu 0,770 %. Waktu

pengamatan 20 hari perlakuan M8 L4 (inokulasi isolat *C. speciosa* BA 9, *A. niger* FA 22 dan *T. curvata* AA 0 dengan komposisi limbah padat ampas 50% + blotong 40% + abu ketel 10%), mempunyai kemampuan menghidrolisis selulosa sebesar 1,653 %. Waktu pengamatan 30 hari perlakuan M8 L3 (inokulasi isolat *C. speciosa* BA 9, *A. niger* FA 22 dan *T. curvata* AA 0 dengan komposisi limbah padat ampas 60% + blotong 30% + abu ketel 10%), mempunyai kemampuan menghidrolisis lignin sebesar 8,667 %. Waktu pengamatan 60, 90, 120 dan 150 hari perlakuan M8 L4 (inokulasi isolat *C. speciosa* BA 9, *A. niger* FA 22 dan *T. curvata* AA 0 dengan komposisi limbah padat ampas 50% + blotong 40% + abu ketel 10%), mampu menghidrolisis lignin masing-masing sebesar 8,120 %, 8,120 %, 5,833 % dan 2,453 %. Waktu pengamatan 120 hari ada kecenderungan kemampuan menghidrolisis lignin semakin menurun bahkan waktu pengamatan 150 hari kemampuan menghidrolisis selulosa semakin menurun tajam.

Perlakuan tanpa inokulasi isolat *C. speciosa* BA 9, *A. niger* FA 22 dan *T. curvata* AA 0 dengan komposisi limbah padat ampas 50% + blotong 40% + abu ketel 10% pada waktu pengamatan 10, 20, 30, 60, 90, 120 dan 150 hari prosentase penurunan lignin tertinggi masing-masing sebesar 0,373 %, 0,847 %, 1,063 %, 2,653 %, 2,103 %, 1,830 % dan 0,363 %. Dengan demikian penurunan prosentase lignin maksimum sebesar 2,653 % yaitu pada pengamatan 60 hari.

5.3.4 Pengaruh Macam Isolat Mikroorganisme dan Komposisi Limbah Padat terhadap Perbandingan C/N

Tabel Lampiran 12 menunjukkan bahwa pengamatan pada waktu 10 hari, perlakuan macam mikroorganisme dan komposisi limbah padat berpengaruh sangat nyata terhadap perbandingan C/N.

Tabel Lampiran 12 menunjukkan bahwa pengamatan pada waktu 60 hari, perlakuan macam mikroorganisme dan komposisi limbah padat berpengaruh sangat nyata terhadap perbandingan C/N.

Tabel Lampiran 12 menunjukkan bahwa pengamatan pada waktu 90 hari, perlakuan macam mikroorganisme dan komposisi limbah padat berpengaruh sangat nyata terhadap perbandingan C/N.

Tabel Lampiran 12 menunjukkan bahwa pengamatan pada waktu 120 hari, perlakuan macam mikroorganisme dan komposisi limbah padat berpengaruh sangat nyata terhadap perbandingan C/N.

Tabel Lampiran 12 menunjukkan bahwa pengamatan pada waktu 150 hari, perlakuan macam mikroorganisme dan komposisi limbah padat berpengaruh sangat nyata terhadap perbandingan C/N. Hal ini dapat di lihat pada Tabel 5.47

Tabel 5.47 Pengaruh Macam Isolat Mikroorganisme dan Komposisi Limbah Padat terhadap Perbandingan C/N pada Waktu Pengamatan 10, 60, 90, 120 dan 150 Hari.

Perlakuan	Perbandingan C/N (hari)				
	10	60	90	120	150
M1L1	126,270 a	79,490 a	65,253 a	50,467 a	40,577 a
M2L1	124,917 a	56,300 bc	37,097 b	26,413 b	21,887 b
M3L1	122,513 a	49,183 c	31,427 bc	24,877 b	17,393 cd
M4L1	126,787 a	63,960 b	38,930 b	26,027 b	19,190 bc
M5L1	121,590 a	50,003 c	31,157 bc	23,917 bc	17,357 cd
M6L1	122,417 a	53,507 c	27,420 cd	21,810 bcd	17,600 cd
M7L1	119,917 a	47,877 c	31,220 bc	19,547 cd	16,763 cd
M8L1	115,467 a	46,983 c	21,210 d	18,103 d	15,390 d
M1L2	120,867 ab	67,107 a	58,753 a	42,987 a	33,430 a
M2L2	124,127 a	43,493 bc	33,413 bc	23,913 b	18,467 b
M3L2	120,517 ab	40,123 bc	27,173 cd	20,873 bc	15,410 bcd
M4L2	121,087 ab	46,633 b	36,027 b	25,777 b	17,970 bc
M5L2	117,843 ab	36,523 c	25,013 d	15,873 cd	13,857 d
M6L2	114,827 ab	42,943 bc	26,427 cd	17,850 cd	14,730 cd
M7L2	108,090 bc	45,393 bc	26,160 cd	17,447 cd	14,413 d
M8L2	98,257 c	40,463 bc	19,557 d	15,140 d	12,723 d
M1L3	128,573 a	61,570 a	58,340 a	41,503 a	31,410 a
M2L3	124,540 ab	45,793 b	32,827 bc	27,037 b	18,053 bc
M3L3	121,253 abc	42,620 bc	24,173 de	20,737 cd	12,973 d
M4L3	112,930 bcd	44,570 bc	34,927 b	22,890 bc	19,023 b
M5L3	110,327 cd	35,280 cd	21,237 de	14,917 ef	13,980 d
M6L3	104,450 de	49,403 b	26,980 cd	19,650 cde	15,543 cd
M7L3	104,230 de	43,480 bc	23,497 de	16,923 def	14,693 cd
M8L3	94,793 e	33,043 d	16,693 e	13,613 f	12,437 d
M1L4	123,140 a	56,847 a	55,743 a	38,093 a	31,747 a
M2L4	117,203 a	40,177 bc	32,117 b	23,850 bc	16,487 bc
M3L4	123,563 a	36,720 bc	22,053 cd	19,353 cd	13,467 cd
M4L4	115,790 a	44,453 b	32,267 b	28,013 b	17,197 b
M5L4	114,053 a	36,197 bc	21,110 d	16,557 d	12,703 d
M6L4	111,483 ab	45,050 b	29,587 bc	18,573 d	13,953 bcd
M7L4	99,200 bc	42,517 b	22,550 cd	18,113 d	13,657 bcd
M8L4	92,533 c	32,343 c	16,883 d	14,173 d	12,710 d

Tabel 5.47 dapat dibuktikan bahwa waktu pengamatan 10 dan 60 hari, perlakuan M8 L4 (isolat *C. speciosa* BA 9, *A. niger* FA 22 dan *T. curvata* AA 0 dengan komposisi limbah

padat ampas 50% + blotong 40% + abu ketel 10%) mempunyai kemampuan menurunkan perbandingan C/N masing-masing sebesar 92,533 dan 32,343, walaupun tidak berbeda nyata dengan perlakuan lain. Waktu pengamatan 90, 120 dan 150 hari perlakuan M8 L3 (inokulasi isolat *C. speciosa* BA 9, *A. niger* FA 22 dan *T. curvata* AA 0 dengan komposisi limbah padat ampas 60% + blotong 30% + abu ketel 10%), mempunyai kemampuan menurunkan perbandingan C/N terendah masing-masing sebesar 16,693, 13,613 dan 12,437, walaupun tidak berbeda dengan perlakuan lain.

Pada perlakuan tanpa inokulasi isolat *C. speciosa* BA 9, *A. niger* FA 22 dan *T. curvata* AA 0, kemampuan menurunkan perbandingan C/N sangat lambat. Hal ini dapat dilihat pada waktu pengamatan 10, 60, 90, 120 dan 150 hari, penurunan perbandingan C/N terendah masing-masing 120,867, 56,847, 55,743, 38,093 dan 31,410. Sebaliknya bila diinokulasi tunggal, ganda atau tripel maka perbandingan C/N terendah masing-masing 92,533, 32,343 yaitu pada perlakuan M8 L4 (inokulasi isolat *C. speciosa* BA 9, *A. niger* FA 22 dan *T. curvata* AA 0 dengan komposisi limbah padat ampas 50% + blotong 40% + abu ketel 10%) dan 16,673, 13,613, 12,437 yaitu pada perlakuan M8 L3 (inokulasi isolat *C. speciosa* BA 9, *A. niger* FA 22 dan *T. curvata* AA 0 dengan komposisi limbah padat ampas 60% + blotong 30% + abu ketel 10%).

Dengan demikian kemampuan penurunan perbandingan C/N maksimum terjadi pada pengamatan 150 hari yaitu sebesar 12,437 pada perlakuan M8 L3 (inokulasi isolat *C.speciosa* BA 9, *A. niger* FA 22 dan *T. curvata* AA 0 dengan komposisi limbah padat ampas 60% + blotong 30% + abu ketel 10%).

Berdasarkan Tabel Lampiran 12 maka perlakuan macam mikroorganisme dan komposisi limbah padat terjadi interaksi yang nyata terhadap perbandingan C/N pada waktu pengamatan 20 hari. Waktu pengamatan 30 hari terjadi interaksi sangat nyata, antara perlakuan macam mikroorganisme dan komposisi limbah padat terhadap perbandingan C/N. Hal ini tercantum pada Tabel 5.48

Tabel 5.48 dapat diketahui bahwa pengamatan 20 hari perlakuan M8 L2 (inokulasi isolat *C.speciosa* BA 9, *A. niger* FA 22 dan *T. curvata* AA 0 dengan komposisi limbah padat ampas 75% + blotong 20% + abu ketel 5%), mempunyai kemampuan menurunkan perbandingan C/N terbanyak yaitu sebesar 66,297 walaupun tidak berbeda nyata dengan perlakuan lain. Waktu pengamatan 30 hari perlakuan M8 L3 (inokulasi isolat *C.speciosa* BA 9, *A. niger* FA 22 dan *T. curvata* AA 0 dengan komposisi limbah padat ampas 60% + blotong 30% + abu ketel 10%), mempunyai kemampuan menurunkan perbandingan C/N terbanyak yaitu sebesar 38,633 walaupun tidak berbeda nyata dengan perlakuan lain.

Tabel 5.48 Interaksi antara Macam Isolat Mikroorganisme dan Komposisi Limbah Padat terhadap Perbandingan C/N pada Waktu Pengamatan 20 dan 30 Hari

Perlakuan	Perbandingan C/N (hari)			
	20		30	
M1L1	125,677	a	92,200	a
M2L1	97,717	ab	79,167	ab
M3L1	93,717	ab	80,713	ab
M4L1	98,333	ab	81,137	ab
M5L1	94,977	ab	68,850	ab
M6L1	95,963	ab	73,187	ab
M7L1	98,443	ab	72,597	ab
M8L1	89,777	ab	72,857	ab
M1L2	114,663	ab	85,220	ab
M2L2	76,707	b	67,693	ab
M3L2	73,927	b	63,330	ab
M4L2	97,673	ab	77,983	ab
M5L2	71,863	b	53,790	b
M6L2	90,683	ab	73,837	ab
M7L2	84,603	b	67,810	ab
M8L2	66,297	b	43,140	b
M1L3	113,223	ab	79,683	ab
M2L3	76,377	b	65,917	ab
M3L3	76,547	b	64,540	ab
M4L3	91,460	ab	75,727	ab
M5L3	68,840	b	53,433	b
M6L3	83,427	b	71,633	ab
M7L3	79,943	b	66,557	ab
M8L3	68,230	b	38,633	b
M1L4	107,157	ab	75,123	ab
M2L4	71,783	b	66,823	ab
M3L4	71,320	b	58,910	b
M4L4	90,723	ab	74,123	ab
M5L4	68,940	b	43,733	b
M6L4	79,683	b	68,240	ab
M7L4	76,340	b	65,200	ab
M8L4	68,873	b	39,113	b

5.3.5 Hasil Analisis Gula Reduksi (mg/ml) pada waktu Pengamatan Ummur 150 hari di Penelitian Lapang

Hasil analisis gula reduksi waktu pengamatan 10, 20,30,60,90,120 dan 150 hari di lapang dapat dilihat pada Tabel 5.49

Tabel 5.49 Hasil Analisis Gula Reduksi pada Waktu Pengamatan 10, 20, 30, 60, 90, 120 dan 150 Hari (mg/ml)

Perlakuan	Kadar Gula Reduksi pada Waktu Pengamatan (mg/ml)						
	10	20	30	60	90	120	150
M1L1	0,493	0,495	0,503	0,573	0,695	0,714	0,788
M2L1	0,516	0,539	0,612	0,743	0,816	0,986	1,389
M3L1	0,549	0,603	0,709	0,816	0,941	1,403	1,838
M4L1	0,543	0,675	0,702	0,873	0,983	1,509	2,402
M5L1	0,561	0,693	0,778	0,912	1,412	1,542	2,569
M6L1	0,603	0,678	0,745	0,941	1,403	1,605	2,570
M7L1	0,633	0,781	0,789	0,998	1,570	1,917	2,635
M8L1	0,629	0,763	0,848	1,205	1,689	1,995	2,709
M1L2	0,519	0,587	0,618	0,740	0,793	0,816	0,873
M2L2	0,581	0,649	0,706	0,906	1,013	1,136	1,396
M3L2	0,643	0,698	0,741	0,943	1,425	1,873	2,063
M4L2	0,682	0,726	0,773	0,973	1,219	1,703	2,460
M5L2	0,744	0,793	0,798	0,981	1,517	1,941	2,849
M6L2	0,798	0,835	0,863	1,005	1,678	1,741	2,703
M7L2	0,765	0,840	0,902	1,163	1,640	1,905	2,735
M8L2	0,783	0,860	0,941	1,203	1,573	1,873	2,902
M1L3	0,573	0,592	0,679	0,778	0,841	0,863	0,893
M2L3	0,614	0,635	0,716	0,926	1,253	1,403	1,516
M3L3	0,712	0,736	0,781	0,973	1,495	1,905	2,403
M4L3	0,735	0,769	0,793	1,016	1,347	1,733	1,875
M5L3	0,778	0,793	0,820	1,029	1,595	2,305	2,863
M6L3	0,805	0,826	0,846	1,145	1,698	1,844	2,681
M7L3	0,823	0,846	0,895	1,205	1,705	2,019	2,826
M8L3	0,795	0,839	0,935	1,341	1,875	2,545	3,046
M1L4	0,605	0,642	0,693	0,787	0,902	0,902	0,938
M2L4	0,679	0,690	0,746	0,905	1,270	1,435	1,576
M3L4	0,783	0,803	0,849	0,973	1,506	1,998	2,579
M4L4	0,795	0,816	0,873	1,206	1,478	1,749	2,109
M5L4	0,803	0,841	0,978	1,270	1,635	2,405	3,120
M6L4	0,819	0,895	0,985	1,263	1,703	2,338	2,871
M7L4	0,841	0,916	0,989	1,405	1,698	2,641	2,920
M8L4	0,840	0,935	1,105	1,385	1,879	2,738	3,226

Tabel 5.49 menunjukkan bahwa dengan bertambahnya waktu proses pengomposan maka ada kecenderungan kadar gula reduksi yang dihasilkan menjadi meningkat. Waktu pengamatan 10 sampai 150 hari pada perlakuan tanpa inokulasi isolat

C. speciosa BA 9, *A. niger* FA 22 dan *T. curvata* AA 0, kadar gula reduksi berkisar antara 0,788 sampai 0,938 mg/ml. Sebaliknya waktu pengamatan 10 sampai 150 hari perlakuan komposisi limbah padat dalam pengomposan dengan inokulasi isolat *C. speciosa* BA 9, *A. niger* FA 22 dan *T. curvata* AA 0 secara tunggal, ganda dan campuran kadar gula reduksi yang dihasilkan berkisar 0,516 sampai 3,226 mg/ml. Kadar gula reduksi tertinggi sebesar 3,226 mg/ml dihasilkan oleh perlakuan M8 L4 (inokulasi isolat *C. speciosa* BA 9, *A. niger* FA 22 dan *T. curvata* AA 0 dengan komposisi limbah padat ampas 50% + blotong 40% + abu ketel 10%) pada waktu pengamatan 150 hari.

5.3.6 Hasil Analisis Unsur Hara dan pH Waktu Pengamatan 150 Hari pada Penelitian di Lapang

Hasil analisis unsur hara dan pH waktu pengamatan 150 hari di lapang disajikan pada Tabel 5.50

Tabel 5.50 menunjukkan bahwa unsur nitrogen yang dihasilkan kompos perlakuan komposisi limbah padat tanpa inokulasi isolat *C. speciosa* BA 9, *A. niger* FA 22 dan *T. curvata* AA 0 secara tunggal, ganda dan campuran berkisar 0,151 % sampai 0,309%, unsur P berkisar 0,309 sampai 0,506 mg/100 g, unsur K berkisar 0,119 sampai 0,240 ml/100 gr, unsur C berkisar 6,127 sampai 9,809 % dan pH berkisar 5,693 sampai 6,075. Hasil tertinggi untuk semua pengamatan

terlihat pada perlakuan M8 L4 (inokulasi isolat *C. speciosa* BA 9, *A. niger* FA 22 dan *T. curvata* AA 0 dengan komposisi limbah padat ampas 50% + blotong 40% + abu ketel 10%).

Tabel 5.50 Hasil Analisis Unsur Hara dan pH Pada Waktu Pengamatan 150 Hari

Perlakuan	Unsur Hara				pH
	N (%)	P (mg/100g)	K (ml/100g)	C (%)	
M1L1	0,151	0,309	0,119	6,127	5,693
M2L1	0,375	0,549	0,213	8,208	6,701
M3L1	0,494	0,702	0,343	8,592	6,950
M4L1	0,435	0,695	0,295	8,347	6,107
M5L1	0,519	0,709	0,316	13,341	6,801
M6L1	0,563	0,802	0,419	9,909	6,905
M7L1	0,740	0,901	0,523	12,405	7,203
M8L1	0,719	0,895	0,578	11,065	6,409
M1L2	0,276	0,407	0,243	9,226	5,643
M2L2	0,428	0,627	0,341	7,904	6,138
M3L2	0,549	0,741	0,418	7,904	6,405
M4L2	0,493	0,779	0,311	8,859	6,278
M5L2	0,790	0,915	0,493	10,947	7,398
M6L2	0,659	0,802	0,516	9,707	6,983
M7L2	0,678	0,873	0,495	9,772	6,872
M8L2	0,912	1,198	0,581	11,603	8,016
M1L3	0,285	0,395	0,195	8,952	5,593
M2L3	0,397	0,435	0,209	7,167	6,950
M3L3	0,785	0,935	0,513	10,184	8,495
M4L3	0,513	0,816	0,395	9,759	7,016
M5L3	0,862	0,983	0,546	12,051	7,427
M6L3	0,605	0,816	0,405	9,404	6,941
M7L3	0,692	0,919	0,493	10,168	7,120
M8L3	0,981	1,241	0,603	12,201	8,316
M1L4	0,309	0,506	0,240	9,810	6,075
M2L4	0,625	0,825	0,416	10,304	7,141
M3L4	0,798	0,913	0,509	10,747	8,105
M4L4	0,619	0,895	0,417	10,645	7,015
M5L4	1,109	1,349	0,705	14,087	8,716
M6L4	0,909	1,125	0,633	12,683	7,908
M7L4	0,941	1,209	0,629	12,851	8,136
M8L4	1,126	1,416	0,645	14,311	8,813

Unsur nitrogen tertinggi sebesar 1,126 %, P sebesar 1,416 mg/100 g, Kalium sebesar 0,645 ml/100 g, Karbon sebesar 14,311 % dan pH sebesar 8,813 terjadi pada perlakuan M8 L4 (inokulasi isolat *C.speciosa* BA 9, *A. niger* FA 22 dan *T. curvata* AA 0 dengan komposisi limbah padat ampas 50% + blotong 40% + abu ketel 10%). Namun secara keseluruhan semua perlakuan yang diinokulasi dengan isolat sudah menunjukkan kematangan kompos, hal ini dapat dilihat dari perbandingan C/N berkisar 12,437 sampai 21,887. Perbandingan C/N terendah terjadi pada perlakuan M8 L3 (inokulasi isolat *C.speciosa* BA 9, *A. niger* FA 22 dan *T. curvata* AA 0 dengan komposisi limbah padat ampas 60% + blotong 30% + abu ketel 10%).

VI. PEMBAHASAN

Isolat *C. speciosa* BA 4, *C. speciosa* BA 9, *A. niger* FA 20, *A. niger* FA 22, *T. curvata* AA 0, *T. curvata* AA 13 yang berasal dari ampas tebu pabrik gula Kedawung Pasuruan dapat diisolasi melalui metoda cawan Petri dengan menggunakan media Hans untuk bakteri, Asparagin untuk fungi dan agar Kent Knight untuk aktinomisetes.

Berdasarkan tahapan isolasi, pemurnian, seleksi dan pengujian pendahuluan terhadap kemampuan menghidrolisis selulosa, lignin, perbandingan C/N, dapat ditemukan 12 isolat untuk bakteri, 12 isolat untuk fungi dan 12 isolat untuk aktinomisetes. Berdasarkan hasil pengujian lebih lanjut di laboratorium tentang populasi, kemampuan menghidrolisis selulosa, lignin, menurunkan C/N maka masing-masing dipilih 2 isolat untuk bakteri, 2 isolat untuk fungi dan 2 isolat untuk aktinomisetes yang unggul dan stabil. Untuk bakteri diberi kode isolat BA 4 dan BA 9, untuk fungi diberi kode FA 20 dan FA 22, untuk aktinomisetes diberi kode AA 0 dan AA 13. Isolat yang dipilih, diuji aktivitas enzim selulolitik dan analisis hormon IAA untuk mendukung keunggulannya. Setelah dilakukan identifikasi maka bakteri isolat BA 4 dan BA 9 dengan ciri bentuk batang, reaksi gram negatif, tidak berendospora diberi nama *Cellvibrio speciosa* BA 4, *Cellvibrio speciosa* BA 9, untuk fungi isolat FA 20 dan FA 22 dengan ciri bentuk batang,

reaksi gram negatif, berkonidiofor diberi nama *Aspergillus niger* FA 20, *Aspergillus niger* FA 22 dan untuk aktinomisetes isolat AA 0 dan AA 13 dengan ciri bentuk batang, reaksi gram negatif, berkonidiofor diberi nama *Thermonospora curvata* AA 0, *Thermonospora curvata* AA 13 (Krieg N.R. and J.G. Holt, 1984).

Isolat *C. speciosa* BA 9 waktu diuji di laboratorium ternyata lebih unggul daripada isolat *C. speciosa* BA 4. Terbukti pada waktu inkubasi 30 hari dengan perlakuan suhu 50 °C, *C. speciosa* BA 9 menghasilkan aktivitas hidrolisis selulosa tertinggi dengan hasil 16,10 persen. Isolat *A. niger* FA 22 lebih unggul dari pada isolat *A. niger* FA 20. Terbukti dengan suhu inkubasi 50°C, isolat *A. niger* FA 22 menghasilkan aktivitas hidrolisis selulosa tertinggi dengan hasil 32,59 persen pada waktu inkubasi 30 hari. Isolat *T. curvata* AA 0 lebih unggul dari *T. curvata* AA 13. Terbukti dengan suhu inkubasi 50°C, isolat *T. curvata* AA 13 menghasilkan aktivitas hidrolisis selulosa tertinggi dengan 20,65 persen pada waktu inkubasi 30 hari. Dengan demikian terbukti bahwa keunggulan aktivitas menghidrolisis selulosa masing-masing isolat tersebut menghendaki spesifik suhu dan waktu inkubasi tertentu sebagaimana tercantum pada Tabel 5.2, 5.11 dan 5.20

Isolat *C. speciosa* BA 9, *A. niger* FA 22 dan *T. curvata* AA 0 keunggulannya juga didukung oleh aktivitas spesifik

enzim selulolitik yang tinggi, sebagaimana tercantum pada Tabel 14, 23 dan 32 . Terbukti pada suhu 40°C aktivitas spesifik enzim selulolitik tertinggi sebesar 74,8 unit/mg oleh isolat *C. speciosa* BA 9 dengan waktu inkubasi 15 hari dan sebesar 77,6 unit/mg oleh isolat *A. niger* FA 22 pada waktu inkubasi 10 hari serta 76,5 unit/mg oleh isolat *T. curvata* AA 0 pada waktu inkubasi 5 hari. Pada suhu 50°C aktivitas spesifik enzim selulolitik tertinggi sebesar 77,1 unit/mg oleh isolat *C. speciosa* BA 9 dengan waktu inkubasi 5 hari dan 90,9 unit/mg oleh isolat *A. niger* FA 22 dengan waktu inkubasi 5 hari serta 78,1 unit/mg oleh isolat *T. curvata* AA 0 dengan waktu inkubasi 5 hari. Aktivitas spesifik enzim selulolitik tertinggi sebesar 74,5 unit/mg oleh isolat *C. speciosa* BA 9 pada suhu 60°C dengan waktu inkubasi 5 hari, dan 105,3 unit/mg oleh isolat *A. niger* FA 22 pada waktu inkubasi 10 hari, 83,8 unit/mg oleh isolat *T. curvata* AA 0 dengan waktu inkubasi 5 hari. Perbedaan aktivitas spesifik enzim selulolitik ini dipengaruhi oleh aktivitas enzim dan protein masing-masing isolat mikroorganisme tersebut. Demikian pula optimalisasi hidrolisis selulosa, lignin juga dipengaruhi oleh spesifik suhu dan waktu inkubasi.

Kemampuan menghidrolisis selulosa dan lignin masing-masing isolat bakteri, fungi dan aktinomisetes juga dipengaruhi oleh populasi. Terbukti pada waktu pengamatan

dengan suhu 40°C populasi isolat *C. speciosa* BA 9 menghasilkan populasi sebanyak 113×10^9 , suhu 50°C sebanyak 93×10^9 dan suhu 60°C populasi sebanyak 6×10^9 dengan waktu inkubasi 48 jam.

Populasi isolat *A. niger* FA 22 pada waktu pengamatan dengan suhu 40°C, menghasilkan populasi sebanyak 112×10^9 , pada suhu 50°C menghasilkan populasi sebanyak 68×10^9 , dan pada suhu 60°C menghasilkan populasi sebanyak 39×10^9 . Demikian pula untuk isolat *T. curvata* AA 0 waktu pengamatan 48 jam dengan suhu 40°C menghasilkan populasi 145×10^9 , pada suhu 50°C menghasilkan 193×10^9 dan pada suhu 60°C menghasilkan populasi 36×10^9 . Populasi isolat tersebut berfluktuasi selama berlangsungnya proses pengomposan dalam skala di laboratorium. Banyaknya populasi ini membuktikan bahwa masing-masing isolat mempunyai kemampuan lebih untuk berkembang walaupun ukurannya tidak seluruhnya seragam.

Keunggulan masing-masing isolat tersebut juga didukung oleh produksi hormon IAA. Terbukti waktu inkubasi 20 hari isolat *C. speciosa* BA 9 menghasilkan hormon IAA 32,51 ppm/hari, isolat *A. niger* FA 22 menghasilkan hormon IAA sebanyak 54,54 ppm/hari dengan waktu inkubasi 5 hari, isolat *T. curvata* AA 0 menghasilkan hormon IAA 80,92 ppm/hari dengan waktu inkubasi 30 hari.

Berdasarkan kenyataan tersebut maka ada kecenderungan bahwa meningkatnya aktivitas mikroorganisme dalam

menghidrolisis selulosa, lignin maka bertambah meningkat juga aktivitas spesifik enzim selulolitik, populasi dan produk hormon IAA. Namun demikian aktivitas tersebut juga dipengaruhi oleh macam isolat, suhu dan lama inkubasi. Dengan demikian ada keseimbangan antara aktivitas mikroorganisme dalam menghidrolisis selulosa, lignin dan aktivitas spesifik enzim selulolitik, populasi dan hormon IAA dalam memanfaatkan energi. Bertambah banyak energi yang digunakan untuk aktivitas spesifik enzim selulolitik maka bertambah meningkat aktivitas mikroorganisme dalam menghidrolisis selulosa dan lignin, populasi dan produk hormon IAA yang dihasilkan.

Proses enzimatik akan meningkatkan aktivitas spesifik enzim selulolitik, sehingga akhirnya banyak dihasilkan energi yang pada akhirnya energi ini digunakan untuk merombak bahan organik menjadi anorganik dalam media. Peningkatan aktivitas spesifik enzim selulolitik masing-masing isolat berbeda sehingga optimumnya juga berbeda. Reaksi enzimatik spesifik enzim selulolitik berlangsung mulai suhu 30 °C sampai 60 °C dengan inkubasi yang bervariasi.

Menurunnya hasil hidrolisis selulosa dan jumlah sel diperkirakan karena adanya senyawa polyphenol hasil hidrolisis lignin. Hal ini disebabkan senyawa tersebut dapat bersifat menghambat atau mempercepat pertumbuhan sel

dan aktivitas enzim selulolitik. Pada suhu rendah biasanya memperlambat aktivitas metabolisme sel, sedangkan pada suhu tinggi tertentu akan mempercepat aktivitas sel. Hal ini disebabkan pengaruh suhu terhadap aktivitas enzim dan denaturasi enzim serta bagian sel lainnya. Keadaan ini sesuai dengan pendapat Kusnawidjaya (1983) bahwa enzim berpengaruh dalam pengomposan. Untuk membuktikan keunggulan isolat mikroorganisme yang teruji maka akan diuji lebih lanjut baik pada skala uji laboratorium maupun lapang.

Kemampuan isolat bakteri untuk menghidrolisis selulosa limbah padat pabrik gula pada waktu percobaan di laboratorium sangat nyata. Terbukti pada waktu inkubasi 15 hari, perlakuan macam isolat bakteri berpengaruh sangat nyata terhadap hidrolisis selulosa yaitu sebesar 4,849 prosen terjadi pada suhu 50 °C dengan komposisi limbah padat (ampas 60% + blotong 30% + abu ketel 10%) oleh inokulasi isolat *C. speciosa* BA 9.

Perlakuan komposisi limbah padat berpengaruh sangat nyata terhadap hidrolisis selulosa pada waktu inkubasi 5, 10 dan 20 hari. Hidrolisis selulosa tertinggi sebesar 7,663 prosen, terjadi pada waktu inkubasi 20 hari pada suhu 50 °C dengan komposisi limbah padat (ampas 50% + blotong 40% + abu ketel 10%) oleh inokulasi isolat *C. speciosa* BA 9.

Perlakuan suhu berpengaruh sangat nyata terhadap selulosa pada waktu inkubasi 5, 10 dan 30 hari . Hidrolisis

selulosa tertinggi sebesar 13,970 persen terjadi pada waktu inkubasi 30 hari pada suhu 50°C dengan komposisi limbah padat (ampas 50% + blotong 40% + abu ketel 10%) oleh inokulasi isolat *C. speciosa* BA 9.

Kemampuan menghidrolisis selulosa limbah padat sangat dipengaruhi oleh masing-masing perlakuan. Terbukti pada waktu inkubasi 25 hari terjadi interaksi antara perlakuan macam isolat bakteri dan komposisi limbah padat serta suhu. Hidrolisis selulosa tertinggi sebesar 9,647 persen terjadi pada suhu 50°C dengan komposisi limbah padat (ampas 50% + blotong 40% + abu ketel 10%) oleh inokulasi isolat *C. speciosa* BA 4.

Kemampuan isolat *C. speciosa* BA 9 untuk menghidrolisis selulosa lebih dominan dan stabil dibandingkan isolat *C. speciosa* BA 4. Kemampuan ini dibuktikan pada waktu pengamatan 5, 10, 15, 20, 25 dan 30 hari.

Kemampuan isolat bakteri untuk menghidrolisis lignin limbah padat pabrik gula pada waktu percobaan di laboratorium sangat nyata. Terbukti pada waktu inkubasi 10, 20 dan 25 hari komposisi limbah padat berpengaruh sangat nyata terhadap hidrolisis lignin limbah padat. Hidrolisis lignin tertinggi sebesar 4,693 persen terjadi pada waktu inkubasi 25 hari pada suhu 50°C dengan komposisi limbah padat (ampas 50% + blotong 40% + abu ketel 10%) oleh inokulasi isolat *C. speciosa* BA 9.

Suhu berpengaruh sangat nyata terhadap hidrolisis lignin pada waktu inkubasi 5, 10, 15, 20, 25 dan 30 hari. Hidrolisis lignin tertinggi sebesar 8,250 prosen terjadi pada waktu inkubasi 30 hari pada suhu 50°C dengan komposisi limbah padat (ampas 75% + blotong 20% + abu ketel 5%) oleh inokulasi isolat *C. speciosa* BA 9. Selanjutnya pada waktu inkubasi 30 hari perlakuan mikroorganisme berpengaruh sangat nyata terhadap hidrolisis lignin limbah padat. Hidrolisis lignin tertinggi sebesar 8,250 prosen terjadi pada suhu 50°C dan komposisi limbah padat (ampas 75% + blotong 20% + abu ketel 5%) oleh inokulasi isolat *C. speciosa* BA 9.

Kemampuan isolat bakteri mempercepat penurunan perbandingan C/N limbah padat sangat dipengaruhi oleh komposisi limbah padat. Terbukti pada waktu percobaan di laboratorium waktu inkubasi 5, 10, 15, 20, 25 dan 30 hari komposisi limbah padat berpengaruh sangat nyata terhadap penurunan perbandingan C/N. Perlakuan suhu 60°C dengan media (ampas 60% + blotong 30% + abu ketel 10%) dan inokulasi isolat *C. speciosa* BA 9 menurunkan C/N terendah sebesar 22,023 prosen dengan inkubasi 30 hari. Perbandingan C/N yang rendah ini mungkin disebabkan karena aktivitas isolat mampu mempercepat dekomposisi, sehingga nitrogen yang ada tersedia dalam jumlah berlebih, dan NH₃ yang dihasilkan

dari pemecahan protein akan melalui tahap lain yaitu proses nitrifikasi.

Kemampuan isolat fungi untuk menghidrolisis selulosa limbah padat pabrik gula pada waktu percobaan di laboratorium sangat nyata. Hal ini dibuktikan bahwa pada waktu inkubasi 5, 10 hari komposisi limbah padat berpengaruh sangat nyata. Waktu inkubasi 5, 20 dan 30 hari, perlakuan suhu berpengaruh sangat nyata terhadap hidrolisis selulosa limbah padat pabrik gula. Hidrolisis selulosa tertinggi sebesar 12,897 prosen terjadi pada komposisi limbah padat (ampas 50% + blotong 40% + abu ketel 10%) dengan inokulasi isolat *A. niger* FA 20, dan pada komposisi limbah padat (ampas 75% + blotong 20% + abu ketel 5%) dengan inokulasi isolat *A. niger* FA 22 suhu 50°C dengan waktu inkubasi 30 hari.

Kemampuan fungi untuk menghidrolisis selulosa limbah padat pabrik gula pada waktu percobaan di laboratorium sangat dipengaruhi oleh perlakuan suhu dan komposisi limbah padat. Hasil pengamatan membuktikan bahwa pada waktu inkubasi 25 hari terjadi interaksi antara perlakuan macam suhu dan komposisi limbah padat. Hidrolisis selulosa tertinggi sebesar 9,367 prosen terjadi pada suhu 50°C dengan komposisi limbah (ampas 60% + blotong 30% + abu ketel 10%) oleh inokulasi isolat *A. niger* FA 22.

Kemampuan isolat fungi untuk menghidrolisis lignin limbah padat pabrik gula sangat nyata . Hal ini dibuktikan pada waktu inkubasi 5, 10, 15, 20, 25 dan 30 hari perlakuan suhu berpengaruh sangat nyata terhadap hidrolisis lignin. Perlakuan suhu 50°C dengan inokulasi isolat *A. niger* FA 20 mampu menghidrolisis lignin terbanyak sebesar 9,023 persen dengan waktu inkubasi 30 hari.

Perlakuan limbah padat juga berpengaruh sangat nyata terhadap kemampuan fungi menghidrolisis lignin pada waktu inkubasi 15 dan 30 hari. Perlakuan limbah padat dengan komposisi (ampas 60% + blotong 30% + abu ketel 10%) pada suhu 50°C dengan inokulasi isolat *A. niger* FA 20 mampu menghidrolisis lignin terbanyak sebesar 9,023 persen selama inkubasi 30 hari.

Kemampuan isolat fungi untuk mempercepat penurunan perbandingan C/N limbah padat pabrik gula sangat nyata. Terbukti pada waktu percobaan di laboratorium, waktu inkubasi 5, 10, 15, 20, 25 dan 30 hari perlakuan suhu berpengaruh sangat nyata terhadap penurunan perbandingan C/N limbah padat pabrik gula. *A. niger* FA 20 pada perlakuan suhu 50°C menghasilkan perbandingan C/N terendah sebesar 22,303 selama inkubasi 30 hari. Hal ini disebabkan karena pada suhu 50 °C merupakan suhu optimum terhadap pertumbuhan sel isolat *A. niger* FA 20. Dengan demikian pada suhu optimal tersebut, jumlah sel menjadi maksimum sehingga

jumlah konsentrasi enzim penghidrolisis selulosa dan lignin juga tinggi. Hal ini juga didukung pada kenyataan percobaan di laboratorium bahwa pada waktu pengamatan untuk perlakuan suhu memang menunjukkan kecenderungan jumlah sel isolat *A. niger* FA 20 dan *A. niger* FA 22 meningkat seiring dengan meningkatnya suhu. Kejadian ini sesuai dengan teori bahwa kenaikan temperatur akan mempercepat laju reaksi enzimatik.

Sifat enzim sebagai protein diantaranya dapat terdenaturasi oleh panas, maka pada batas tertentu kenaikan temperatur menyebabkan aktivitas enzim yang dihasilkan menurun sebagaimana terjadi pada isolat *A. niger* FA 20 dengan perbandingan C/N terendah 22,303 selama inkubasi 30 hari. Waktu inkubasi 5 dan 25 hari perlakuan komposisi limbah padat juga berpengaruh sangat nyata terhadap penurunan perbandingan C/N.

Kemampuan isolat aktinomisetes untuk menghidrolisis limbah padat pabrik gula pada waktu percobaan di laboratorium sangat nyata. Hal ini dibuktikan bahwa pada waktu inkubasi 5, 10, 15, 20 dan 30 hari perlakuan suhu dan komposisi limbah padat berpengaruh sangat nyata terhadap hidrolisis selulosa limbah padat. Hidrolisis selulosa tertinggi sebesar 12,860 prosen terjadi pada waktu inkubasi 30 hari pada suhu 50°C dengan komposisi limbah padat (ampas

60% + blotong 30% + abu ketel 10%) oleh inokulasi isolat *T. curvata* AA 0. Waktu inkubasi 25 hari perlakuan suhu berpengaruh sangat nyata terhadap hidrolisis selulosa limbah padat. Hidrolisis selulosa tertinggi sebesar 8,937 prosen terjadi pada suhu 50°C dengan komposisi limbah padat (ampas 60% + blotong 30% + abu ketel 10%) oleh inokulasi isolat *T. curvata* AA 13.

Waktu inkubasi 25 hari terjadi interaksi antara perlakuan suhu, limbah padat dan mikroorganisme terhadap hidrolisis selulosa limbah padat. Besarnya selulosa yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh suhu, komposisi limbah padat dan macam isolat aktinomisetes.

Kemampuan isolat aktinomisetes untuk menghidrolisis lignin limbah padat pada waktu percobaan di laboratorium sangat nyata. Hal ini dibuktikan bahwa pada waktu inkubasi 5, 10, 15, 20 hari perlakuan suhu berpengaruh sangat nyata terhadap hidrolisis lignin. Perlakuan suhu sebesar 50°C dengan waktu inkubasi 20 hari, dan komposisi limbah padat (ampas 60% + blotong 30% + abu ketel 10%) dengan inokulasi isolat *T. curvata* AA 13 mampu menghidrolisis lignin maksimum sebesar 1,460 prosen.

Perlakuan limbah padat pada waktu inkubasi 5, 10, 15 hari juga berpengaruh sangat nyata terhadap hidrolisis lignin. Perlakuan limbah padat (ampas 75% + blotong 20% +

abu ketel 5%) dengan waktu inkubasi 15 hari isolat *T. curvata* AA 13 dan suhu 50°C mampu menghidrolisis lignin maksimum sebesar 1,373 prosen. Perlakuan pemberian macam isolat aktinomisetes pada waktu inkubasi 15 hari juga berpengaruh nyata terhadap hidrolisis lignin. Perlakuan isolat *T. curvata* AA 13 dengan inkubasi 15 hari mampu menghidrolisis lignin maksimum sebesar 1,373 prosen.

Kemampuan menghidrolisis lignin ini jelas sangat dipengaruhi oleh perlakuan suhu, komposisi limbah padat dan macam isolat aktinomisetes. Terbukti pada waktu inkubasi 25 dan 30 hari terjadi interaksi nyata terhadap hidrolisis lignin. Waktu inkubasi 25 hari hidrolisis lignin tertinggi sebesar 4,200 prosen terjadi pada suhu 50°C dengan komposisi limbah padat (ampas 50% + blotong 40% + abu ketel 10%) oleh inokulasi isolat *T. curvata* AA 0. Selanjutnya waktu inkubasi 30 hari hidrolisa lignin tertinggi sebesar 7,283 prosen terjadi pada suhu 50°C dengan komposisi limbah padat (ampas 60% + blotong 30% + abu ketel 10%) oleh inokulasi isolat *T. curvata* AA 0 dan komposisi tersebut berpengaruh sangat nyata terhadap perbandingan C/N limbah padat. Perlakuan suhu sebesar 50 °C selama inkubasi 30 hari, inokulasi isolat *T. curvata* AA 0 dengan komposisi limbah padat (ampas 75% + blotong 20% + abu ketel 5%), mampu menurunkan perbandingan C/N terendah sebesar 22,483.

Kemampuan isolat aktinomisetes untuk memperkecil perbandingan C/N limbah padat sangat nyata. Hal ini dibuktikan bahwa pada waktu inkubasi 20, 25 dan 30 hari perlakuan suhu berpengaruh nyata terhadap perbandingan C/N, dan *T. curvata* AA 13 mampu menurunkan perbandingan C/N dengan hasil terendah sebesar 21,643.

Perlakuan limbah padat dengan waktu inkubasi 15, 20 dan 30 hari juga berpengaruh sangat nyata terhadap penurunan perbandingan C/N limbah padat. Perlakuan limbah padat dengan komposisi (ampas 60% + blotong 30% + abu ketel 10%) selama inkubasi 30 hari, inokulasi isolat *T. curvata* AA 13 mampu menurunkan perbandingan C/N sampai pada tingkatan terendah sebesar 21,643.

Hasil analisis juga membuktikan bahwa perlakuan macam suhu dan komposisi limbah padat saling berpengaruh dalam menurunkan perbandingan C/N. Terbukti pada waktu inkubasi 5 dan 10 hari terjadi interaksi sangat nyata antara perlakuan suhu dan komposisi limbah padat. Waktu inkubasi 5 hari dengan inokulasi isolat *T. curvata* AA 13 pada suhu 60°C dengan komposisi limbah padat (ampas 60% + blotong 30% + abu ketel 10%) mampu menurunkan perbandingan C/N terendah sebesar 91,450. Demikian pula waktu inkubasi 10 hari inokulasi isolat *T. curvata* AA 13 pada suhu 40°C dengan komposisi limbah padat (ampas 50% + blotong 40% + abu ketel 10%) mampu menurunkan perbandingan C/N terendah sebesar 71,433.

Waktu percobaan di laboratorium perlakuan macam isolat mikroorganisme baik isolat bakteri, fungi dan aktinomisetes serta perlakuan komposisi limbah padat berpengaruh sangat nyata dan terjadi interaksi terhadap hidrolisis selulosa, lignin dan penurunan perbandingan C/N limbah padat. Untuk membuktikan perlakuan yang sangat berpengaruh terhadap proses pengomposan di lapang dilakukan pula percobaan di lapang.

Hasil penelitian di lapang menunjukkan bahwa inokulum isolat mikroorganisme selulolitik berpengaruh sangat nyata terhadap hidrolisis selulosa limbah padat. Waktu pengamatan 10, 60, 90 dan 120 hari isolat mikroorganisme berpengaruh sangat nyata. Inokulasi tripel isolat *C. speciosa* BA 9, *A. niger* FA 22 dan *T. curvata* AA 0 dengan komposisi limbah padat ampas 50 %, blotong 40% dan abu ketel 10% mampu meningkatkan hidrolisis selulosa tertinggi sebesar 10,097 prosen pada waktu pengamatan 60 hari. Berdasarkan kenyataan ini maka dapat dikemukakan bahwa inokulasi tripel isolat *C. speciosa* BA 9 , *A. niger* FA 22 dan *T. curvata* AA 0 bersifat sinergistik yaitu dapat hidup bersama dan tidak saling kompetisi (Waksman, 1963). Karena tidak terjadi saling dominasi maka masing-masing isolat mempunyai kemampuan yang optimal dalam menghidrolisis selulosa dan lignin. Sebagai hasil akhir maka aktivitas spesifik enzim selulolitik

semakin meningkat. Sebaliknya penurunan perbandingan C/N semakin kecil akibat proses dekomposisi dalam pengomposan semakin aktif oleh ke tiga isolat yang diinokulasikan pada limbah padat pabrik gula tersebut.

Perlakuan komposisi limbah padat, berpengaruh sangat nyata terhadap hidrolisis selulosa limbah padat pada waktu pengamatan 60, 90 dan 120 hari. Komposisi limbah padat M8 L4 (inokulasi isolat *C. speciosa* BA 9 , *A. niger* FA 22 dan *T. curvata* AA 0, dengan komposisi limbah padat ampas 50% + blotong 40% + abu ketel 10%) merupakan komposisi terbaik untuk membantu meningkatkan hidrolisis selulosa, dan selulosa tertinggi yang dihasilkan pada waktu pengamatan 120 hari sebanyak 7,320 prosen. Komposisi limbah padat tersebut merupakan komposisi yang sangat sesuai untuk media pertumbuhan masing-masing isolat. Hal ini disebabkan karena media tersebut mengandung mineral, bahan organik, air, udara dalam keadaan cukup. Sebagai akibatnya, maka dalam komposisi limbah padat tersebut tersedia sumber unsur hara dan energi yang cukup dan seimbang sehingga dapat mempercepat proses metabolisme mikroorganisme tersebut.

Berdasarkan hasil analisis statistik dibuktikan bahwa ada interaksi sangat nyata antara perlakuan pemberian macam inokulum isolat mikroorganisme dan komposisi limbah padat waktu pengamatan 20, 30 dan 150 hari. Waktu pengamatan 20

hari selulosa tertinggi sebesar 9,390 prosen dihasilkan M8 L4 (inokulasi isolat *C. speciosa* BA 9, *A. niger* FA 22 dan *T. curvata* AA 0 dengan komposisi limbah padat (ampas 50% + blotong 40% + abu ketel 10%). Waktu pengamatan 30 hari selulosa tertinggi sebesar 11,013 prosen dihasilkan M8 L4 (inokulasi campuran isolat *C. speciosa* BA, *A. niger* FA 22 dan *T. curvata* AA 0 dengan komposisi limbah padat ampas 50% + blotong 40% + abu ketel 10%). Selanjutnya pada waktu pengamatan 150 hari terjadi interaksi dengan hasil tertinggi sebesar 5,843 prosen. Kemampuan isolat dapat dilihat pada perlakuan M8 L4 (inokulasi isolat *C. speciosa* BA 9, *A. niger* FA 22 dan *T. curvata* AA 0 dengan komposisi limbah padat ampas 50% + blotong 40% + abu ketel 10%) menghidrolisis selulosa mengalami penurunan dengan hasil sebesar 5,843 prosen.

Pengomposan limbah padat tanpa inokulasi isolat *C. speciosa* BA 9, *A. niger* FA 22 dan *T. curvata* AA 0 mempunyai kemampuan untuk menghidrolisis selulosa maksimum sebesar 6,290 prosen yaitu pada perlakuan M1 L3 (tanpa inokulasi isolat dengan komposisi limbah padat ampas 60% + blotong 30% + abu ketel 10%).

Berdasarkan hasil pengamatan waktu umur 10, 20, 30, 60, 90, 120 dan 150 hari, ternyata terjadi interaksi sangat nyata terhadap hidrolisis lignin limbah padat. Waktu

pengamatan 10 hari terjadi penurunan lignin tertinggi sebesar 0,770 persen terjadi pada perlakuan M8 L2 (dengan inokulasi isolat *C. speciosa* BA 9, *A. niger* FA 22 dan *T. curvata* AA 0, dan komposisi limbah padat ampas 75% + blotong 20% + abu ketel 5%). Waktu pengamatan 20 hari, lignin tertinggi sebesar 1,653 persen terjadi pada perlakuan M8 L4 (dengan inokulasi isolat *C. speciosa* BA 9, *A. niger* FA 22 dan *T. curvata* AA 0 dengan komposisi limbah padat ampas 50% + blotong 40% + abu ketel 10%).

Waktu pengamatan 30 hari, lignin tertinggi sebesar 8,667 persen terjadi pada perlakuan M8 L3 (dengan inokulasi campuran isolat *C. speciosa* BA 9, *A. niger* FA dan *T. curvata* AA 0 dengan komposisi limbah padat ampas 60% + blotong 30% + abu ketel 10%). Waktu pengamatan 60 hari, lignin tertinggi sebesar 8,317 persen terjadi pada perlakuan M5 L4 (inokulasi isolat *C. speciosa* BA 9 dan *A. niger* FA 22 dengan komposisi limbah padat ampas 50% + blotong 40% + abu ketel 10%).

Waktu pengamatan 90 hari, lignin tertinggi sebesar 8,120 persen terjadi pada perlakuan M8 L4 (inokulasi isolat *C. speciosa* BA 9, *A. niger* FA 22 dan *T. curvata* AA 0 dengan komposisi limbah padat ampas 50% + blotong 40% + abu ketel 10%). Waktu pengamatan 120 hari, lignin tertinggi sebesar 5,853 persen terjadi pada perlakuan M5 L3 (inokulasi isolat

C. speciosa BA 9 dan *T. curvata* AA 0 dengan komposisi limbah padat ampas 60% + blotong 30% + abu ketel 10%). Waktu pengamatan 150 hari lignin tertinggi sebesar 2,517 persen terjadi pada perlakuan M5 L3 (inokulasi isolat *C. speciosa* BA 9 dan *T. curvata* AA 0 dengan komposisi limbah padat ampas 60% + blotong 30% + abu ketel 10%).

Interaksi yang terjadi pada seluruh perlakuan dari semua pengamatan terhadap hidrolisis lignin, menunjukkan bahwa proses hidrolisis lignin sangat ditentukan oleh macam penambahan kombinasi inokulum isolat mikroorganisme maupun komposisi limbah padat. Pengomposan limbah padat tanpa inokulasi isolat *C. speciosa* BA 9, *A. niger* FA 22 dan *T. curvata* AA 0 ,maka kemampuan menghidrolisis maksimum hanya 2,653 persen yaitu terjadi pada perlakuan M1 L4 (tanpa inokulasi isolat dengan komposisi limbah padat ampas 50% + blotong 40% + abu ketel 10%).

Berdasarkan hasil analisis perbandingan C/N selama pengamatan pada waktu 10, 60, 90, 120 dan 150 hari, ternyata perlakuan macam inokulum isolat mikroorganisme dan komposisi limbah padat berpengaruh sangat nyata terhadap penurunan perbandingan C/N limbah padat. Waktu pengamatan 10 hari, kondisi perbandingan C/N sebesar 92,533 terjadi pada perlakuan M8 L4 (inokulasi isolat *C. speciosa* BA 9, *A. niger* FA 22 dan *T. curvata* AA 0 dengan komposisi limbah padat ampas 50% + blotong 40% + abu ketel 10%).

Waktu pengamatan 60 hari perbandingan C/N terendah sebesar 32,343 terjadi pada perlakuan M8 L4 (inokulasi isolat *C. speciosa* BA 9, *A. niger* FA 22 dan *T. curvata* AA 0 dengan komposisi limbah padat ampas 50% + blotong 40% + abu ketel 10%). Waktu pengamatan 90 hari perbandingan C/N terendah sebesar 16,883 terjadi pada perlakuan M8 L4 (inokulasi isolat *C. speciosa* BA 9, *A. niger* FA 22 dan *T. curvata* AA 0 dengan komposisi limbah padat ampas 50% + blotong 40% + abu ketel 10%).

Waktu pengamatan 120 hari, perbandingan C/N terendah sebesar 13,613 terjadi pada perlakuan M8 L3 (inokulasi isolat *C. speciosa* BA9, *A. niger* FA 22 dan *T. curvata* AA 0 dengan komposisi limbah padat ampas 60% + blotong 30% + abu ketel 10%). Waktu pengamatan 150 hari perbandingan C/N terendah sebesar 12,437 terjadi pada perlakuan M8 L3 (inokulasi isolat *C. speciosa* BA 9, *A. niger* FA 22 dan *T. curvata* AA 0 dengan komposisi limbah padat ampas 60% + blotong 30% + abu ketel 10%). Sebaliknya pengomposan tanpa inokulasi isolat mikroorganisme selulolitik, kemampuan untuk menurunkan perbandingan C/N maksimum hanya 31,410 pada waktu pengamatan 150 hari yaitu pada perlakuan M1 L3 (tanpa inokulasi isolat dengan komposisi limbah padat ampas 60% + blotong 30% + abu ketel 10%).

Hal ini membuktikan bahwa untuk mempercepat proses pengomposan diperlukan penambahan mikroorganisme

penghidrolisis selulosa dan lignin. Selanjutnya kemampuan mikroorganismenya menghidrolisis selulosa dan lignin, sangat dipengaruhi oleh komposisi limbah padat sebagaimana dibuktikan pada waktu pengamatan 20 dan 30 hari terjadi interaksi sangat nyata terhadap penurunan perbandingan C/N. Waktu pengamatan 20 hari perbandingan C/N terendah sebesar 66,297 terjadi pada perlakuan M8 L2 (inokulasi isolat *C. speciosa* BA 9, *A. niger* FA 22 dan *T. curvata* AA 0 dengan komposisi limbah padat ampas 75% + blotong 20% + abu ketel 5%). Waktu pengamatan 30 hari perbandingan C/N terendah sebesar 38,633 terjadi pada perlakuan M8 L3 (inokulasi isolat *C. speciosa* BA 9, *A. niger* FA 22 dan *T. curvata* AA 0 dengan komposisi limbah padat ampas 60% + blotong 30% + abu ketel 10%).

Dengan demikian dapat dikemukakan bahwa kompos merupakan hasil dekomposisi, melalui proses pengomposan yang hasilnya banyak mengandung unsur hara. Namun demikian unsur hara dalam bentuk karbon organik dalam kompos masih dapat dimanfaatkan oleh isolat mikroorganismenya yang diinokulasikan dalam limbah padat.

Melihat hasil penelitian tersebut dapat dikemukakan bahwa dengan penambahan inokulum isolat mikroorganismenya selulolitik secara tunggal, ganda dan tripel dapat mempercepat proses pengomposan baik menyangkut hidrolisis

selulosa, lignin, penurunan perbandingan C/N. Pada pengamatan 150 hari sudah mencapai 12,437. Bahkan pada waktu pengamatan 90 hari dan 120 hari perlakuan M8 L4 (inokulasi isolat *C. speciosa* BA 9, *A. niger* FA 22 dan *T. curvata* AA 0 dengan komposisi limbah padat ampas 50% + blotong 40% + abu ketel 10%) masing-masing rendah yaitu 16,883 dan 14,173. Sebaliknya pada pengomposan yang tidak diberikan inokulum mikroorganisme selulolitik dengan waktu pengamatan 150 hari, maka perbandingan C/N masih tinggi yaitu sebesar 31,410 sampai 40,577.

Bila dikaitkan dengan laju dekomposisi pengomposan, maka inokulasi secara tripel inokulum isolat mikroorganisme tersebut, menghasilkan C/N dibawah 20 untuk semua perlakuan. Secara statistik laju dekomposisi yang dihasilkan untuk perlakuan M8L1 waktu dekomposisi 90, 120 dan 150 hari masing-masing 21,210, 18,103, 15,390. Perlakuan M8L2 waktu dekomposisi 90, 120 dan 150 hari masing-masing 19,557, 15,140, 12,723. Perlakuan M8L3 waktu dekomposisi 90, 120, 150 hari masing-masing 16,693, 13,613, 12,437. Perlakuan M8L4 waktu dekomposisi 90, 120 dan 150 hari masing-masing 16,883, 14,173, 12,710 .

Bila dihubungkan dengan cara inokulasi tunggal dan ganda inokulum isolat mikroorganisme selulolitik pada limbah padat tersebut, maka secara statistik laju dekomposisi

terhadap penurunan C/N tidak menunjukkan perbedaan yang nyata. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pemberian inokulum isolat mikroorganisme selulolitik hasil isolasi secara tripel sangat membantu untuk mempercepat waktu pengomposan limbah padat pabrik gula dengan hasil akhir C/N dibawah 20 pada waktu dekomposisi 90 hari. Waktu dekomposisi 120 hari inokulasi secara ganda isolat mikroorganisme selulolitik mampu menurunkan C/N dibawah 20.

Waktu dekomposisi 150 hari inokulasi secara tunggal, ganda dan tripel isolat mikroorganisme selulolitik pada limbah padat tersebut mampu menurunkan C/N dibawah 20. Sebaliknya bila tanpa inokulasi, Kemampuan menurunkan C/N maksimum berkisar 31,410 sampai 40,577. Demikian pula secara alami limbah padat Pabrik Gula di Indonesia khususnya ampas dapat menjadi kompos memerlukan waktu yang relatif lama yaitu lebih dari 6 bulan. Hasil penelitian ini sesuai dengan hasil penelitian Hutasoit dan Toharisman (1992), bahwa limbah padat yang dikomposkan dengan penambahan mikroorganisme akan melapuk lebih cepat.

Bila dikaitkan dengan kadar gula reduksi maka proses pengomposan tanpa inokulasi isolat *C. speciosa* BA 9, *A. niger* FA 22 dan *T. curvata* AA 0 sangat rendah yaitu maksimum sebesar 0,938 mg/ml yang terjadi pada perlakuan M1 L4 (tanpa isolat dengan komposisi limbah padat ampas 50%

+ blotong 40% + abu ketel 10%). Proses pengomposan dengan menggunakan inokulasi tripel yaitu isolat *C. speciosa* BA 9, *A. niger* FA 22 dan *T. curvata* AA 0 menghasilkan kadar gula reduksi yang meningkat yaitu maksimum sebesar 3,226 mg/ml pada perlakuan M8 L4 (inokulasi isolat *C. speciosa* BA 9, *A. niger* FA 22 dan *T. curvata* AA 0 dengan komposisi limbah padat ampas 50% + blotong 40% + abu ketel 10%) pada waktu pengamatan 150 hari.

Kadar gula reduksi maksimum yang dihasilkan diharapkan mampu meningkatkan ketersediaan energi bagi perkembangan isolat dan ditunjukkan dengan adanya pembebasan CO₂ dan energi yang tinggi. Bila dikaitkan dengan perbandingan C/N yang tinggi maka kecepatan dekomposisi bahan organik ditunjukkan oleh perubahan perbandingan C/N. Selama penurunan perbandingan C/N bahan yang mengandung N akan berkurang dengan bertambahnya waktu pengomposan. Pada waktu pengamatan 150 hari kecepatan kehilangan C dan N berbanding lurus, sehingga diperoleh perbandingan C/N yang relatif tetap yaitu berkisar 12,437 sampai 21,887 bila proses pengomposan dengan inokulasi inokulum isolat *C. speciosa* BA 9, *A. niger* FA 22 dan *T. curvata* AA 0 secara tunggal, ganda dan tripel.

Unsur C digunakan untuk pertumbuhan sel dan N untuk sintesa protein, sehingga perbandingan C/N yang terdapat

pada limbah padat sangat mempengaruhi proses pengomposan. Hal ini dibuktikan pada proses pengomposan tanpa inokulasi isolat mikroorganisme selulolitik untuk semua perlakuan komposisi limbah padat waktu pengamatan 150 hari, maka perbandingan C/N masih tinggi yaitu berkisar 31,410 sampai 40,577 sehingga proses pengomposan berjalan lambat dan kompos yang dihasilkan mutunya rendah, karena N dalam limbah padat sedikit sehingga dalam proses dekomposisi tidak terjadi pembebasan amoniak.

Perbandingan C/N yang dihasilkan waktu pengamatan 150 hari, menunjukkan semua perlakuan komposisi limbah padat yang diinokulasi inokulum isolat *C. speciosa* BA 9, *A. niger* FA 22 dan *T. curvata* AA 0 secara tunggal, ganda dan tripel sudah memenuhi syarat untuk dijadikan sebagai kompos dengan kandungan unsur hara (N, P, K dan C) dan sudah memenuhi persyaratan untuk peningkatan kesuburan tanah sebagai penyedia unsur hara utama yaitu N, P dan K pada kompos (Gaur, 1982). Hasil analisis menunjukkan bahwa waktu dekomposisi 150 hari, perlakuan inokulasi tripel inokulum isolat mikroorganisme tersebut menghasilkan unsur hara tertinggi dengan laju mineralisasi masing-masing M8L1 menghasilkan N = 0,719 %, P = 0,895 mg/100 g, K = 0,578 mg/100 g, C = 11,065 %, M8L2 menghasilkan N = 0,912 %, P = 1,198 mg/100 g, K = 0,981 mg/100 g, C = 11,603, M8L3

menghasilkan N = 0,981 %, P = 1,241 mg/100 g, K = 0,603 mg/100 g, C = 12,201 %, M8L4 menghasilkan N = 1,126 %, P = 1,416 mg/100 g K = 0,645 mg/100 g, C = 14,311 % seperti yang tercantum pada Tabel 5.49

VII. SIMPULAN DAN SARAN

7.1. Simpulan

1. Pemberian inokulum mikroorganisme selulolitik isolat *C. speciosa* BA 9, *A. niger* FA 22 dan *T. curvata* AA 0 secara tunggal, ganda maupun tripel pada limbah padat pabrik gula dapat mempercepat waktu pengomposan. Inokulasi tunggal dapat mempercepat waktu pengomposan menjadi 120 hari, dengan perbandingan C/N 19,35 pada perlakuan M3L4. Inokulasi ganda dapat mempercepat waktu pengomposan menjadi 120 hari, dengan perbandingan C/N 14,91 pada perlakuan M5L3. Inokulasi tripel dapat mempercepat waktu pengomposan menjadi 90 hari, dengan perbandingan C/N 16,69 pada perlakuan M8L3.
2. Ada perbedaan efektivitas pengomposan limbah padat pabrik gula yang diberi inokulum mikroorganisme selulolitik isolat *C. speciosa* BA 9, isolat *A. niger* FA 22 dan isolat *T. curvata* AA 0 secara tunggal, ganda dan tripel.
Inokulasi tunggal mampu menurunkan perbandingan C/N terendah 19,35 pada perlakuan M3L4, dengan waktu pengomposan 120 hari, kemampuan menghidrolisis selulosa dan lignin masing-masing sebesar 9,00 % pada perlakuan M3L4 dengan waktu 60 hari, dan 6,49 % pada perlakuan M3L4 dengan waktu 30 hari. Inokulasi ganda mampu

menurunkan perbandingan C/N menjadi 14,91 pada perlakuan M5L3, dengan waktu pengomposan 120 hari, kemampuan menghidrolisis selulosa dan lignin masing-masing sebesar 10,63 % pada perlakuan M5L4 dengan waktu 30 hari, dan lignin 8,34 % pada perlakuan M5L3 dengan waktu 30 hari. Inokulasi tripel mampu menurunkan perbandingan C/N menjadi 16,69 pada perlakuan M8L3, dengan waktu pengomposan 90 hari, kemampuan menghidrolisis selulosa dan lignin masing-masing sebesar 11,01 % pada perlakuan M8L4 dengan waktu 60 hari dan 8,66 % pada perlakuan M8L3 dengan waktu 30 hari.

3. Terjadi interaksi antara macam inokulum mikroorganismenye selulolitik dengan komposisi limbah padat pabrik gula terhadap proses pengomposan baik pada percobaan di laboratorium maupun di lapang.

Pada percobaan laboratorium interaksi terjadi pada waktu pengomposan 25 hari, perlakuan BA4L2S2 dengan hidrolisis selulosa 9,64 %, dan waktu pengomposan 25 dan 30 hari pada perlakuan AA0L3S2 dengan hidrolisis lignin masing-masing sebesar 4,19% dan 7,28%. Percobaan di lapang interaksi terjadi pada waktu pengomposan 20, 30 dan 150 hari dengan hidrolisis selulosa tertinggi 11,015 pada perlakuan M8L4 pada waktu 30 hari. Waktu pengamatan lignin, interaksi terjadi pada waktu 10, 20,

30, 60, 90, 120 dan 150 hari dengan hasil lignin tertinggi 8,66% pada perlakuan M8L3 waktu pengamatan 30 hari. Waktu pengamatan C/N, interaksi terjadi pada waktu 25 dan 30 hari dengan C/N terendah 38,63 pada perlakuan M8L3 dengan waktu pengamatan 30 hari.

4. Kualitas kompos yang diperoleh memenuhi persyaratan ketersediaan unsur hara sebagai produk kompos di pasaran umum. Hasil analisis menunjukkan bahwa kompos dapat dipergunakan membantu memperbaiki sifat tanah secara fisik, karena mengandung selulosa 8,140 % (M8L4) waktu 90 hari, dan lignin 8,667 % (M8L3) waktu 30 hari, untuk sifat kimia kadar unsur hara N = 1,126 prosen P tersedia = 1,416 mg/100 gr, K tersedia = 0,645 ml/100 gr, untuk sifat biologi kadar C = 14,311 % dan gula reduksi 3,226 mg/ml (M8L4) waktu 150 hari dan perbandingan C/N = 16,693 (M8L3) waktu 90 hari.

7.2. Saran

1. Untuk mempercepat proses pengomposan limbah padat pabrik gula yang terdiri dari ampas, blotong dan abu ketel dapat diinokulasikan isolat *C. speciosa* BA 9,

isolat *A. niger* FA 22 dan isolat *T. curvata* AA 0 secara tripel.

2. Untuk penebaran inokulum isolat mikroorganisme selulolitik hasil isolasi dapat dilakukan dalam bentuk padat menggunakan karier kompos steril maupun dalam bentuk cair menggunakan karier media mikroorganisme selulolitik tanpa agar.
3. Perlu penelitian kemampuan bertahan isolat mikroorganisme selulolitik pada karier.

DAFTAR PUSTAKA

- Adrianto, R., Anas, I. 1991. Peningkatan mutu kompos dengan fungi tanah antagonis terhadap patogen. *PERMI*.
- Alexander, 1977. *Introduction to Soil Microbiology*. Second Edition. Wiley Eastern Limited. New Delhi - Bangalore - Bombay - Calcuta.
- Andren, R. K., M. Mandels and J. E. Mederios, 1975. Production of Sugars from Waste Cellulose by Enzymatic Hydrolysis I. Primary Evaluation of Substrate. *Applied Polymer Symposium* no 28 (1975). John Wiley and Sons, Inc. New York.
- Andren, R. K., R. J. Erickson and J. E. Mederios, 1976. *Cellulosic Substrates for Enzymatic Saccharification* In : Enzymatic Conversion of cellulosic materials, Technology of Application. Edited by E. L. Gaden, M. Mandels, E. T. Reese and L. A. Spano, John Wiley and Sons, Inc. New York.
- Anas, I. 1989. *Biologi Tanah Dalam Praktek*. Pusat Antar Universitas Bioteknologi, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Anonymous, 1982. *Majalah Perusahaan Gula*. Balai Penelitian Perusahaan Perkebunan Gula, Pasuruan.
- , 1984. *A Manual or Rural Composting*. Food and Agriculture Organisation of United Nation.
- , 1989. *Penanganan Limbah Secara Hayati*. Pusat Antar Universitas Bioteknologi. Universitas Gajah Mada Yogyakarta.
- , 1970. *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist*. Thirteenth Edition. Association of Official Analytical Chemist. Washington, DC.
- Apriyanto, A., 1989. *Petunjuk Laboratorium Analisa Pangan*, P.A.U. Pangan dan Gizi, IPB Bogor.
- Cowling, E. B. and T.K. Kirk, 1976. *Properties of Cellulose and and Lignocellulosic Materials as Substrates for Enzymatic Conversion Processes*. In: Enzymatic Conversion Edited by T. L. Gaden, M. Mendels, E. T. Reese and L. A. Spano. John Wiley and Sons, Inc. New York.

- Cowling E. B. 1958. A Review of Literature on the Enzymatic Degradation of Cellulosic and Wood. Forest Service, *Departement of Agriculture* no. 2116, Wisconsin.
- Dewey, R. and M. Mandels, 1980. Cellulases Biosynthesis and Application. In : *Enzyme Microbiology Technology* Vol. 2, April. IPC Business Press, Natick.
- Dwidjoseputro, D., 1981. *Dasar-dasar Mikrobiologi*. IKIP Malang, IKIP Surabaya dan Universitas Brawijaya Malang.
- Gaur, A. C., 1982. A Manual of Rural Composting. In *Improving Soil and Fertility Through Organic Recycling*. No. 15. FAO of United Nation, Rome.
- Hadi, S., R. Suseno, dan Y. Sutakaria. 1976. *Patogen Tanaman dalam Tanah dan Perkembangan Penyakit*. Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian IPB. Bogor.
- Hoitink, H. A. J. and P. C. Fahy. 1986. Basis for the Control of Soilborn Plant Patogens with Compost. *Annu. Rev. Phytopathol.* 24 : 93 - 114.
- Hutasoit, G. dan Thoharisman, A. 1992. Peranan Bakteri Bacillus stearothermophilus dalam Pengolahan Limbah Padat pabrik Gula. *Peningkatan Kesadaran dan Pemeliharaan Lingkungan Hidup* : 1 - 7.
- Jones, D. I. H., 1976. Fungal Cellulases and Hemicellulases and Their Application to The Analysis of Forage In : *Carbohydrate Research In Plant and Animals*. Miscellaneous Paper 12. H. Veenmann and Zonen B. V. Wageningen, Nederlands.
- Johnson, L.F., Carl, E.A, Bond, J.H., and Tribourg, H.A., 1959. *Method of Studying Soil Microflora Plant Disease Relationships*. Bugers Publishing Compani U.S.A.
- Kusnawidjaja, K. 1983. *Biokimia*. Alumni Bandung. 145 hal.
- Krieg, N.R. and J.G. Holt, 1984. *Bergeys Manual of Systematic Bacteriology*. William & Wilkins. Baltimore-London.

- Lumsden, R. D., J. A. Lewis, and G. C. Papavizas. 1983. *Effect of Organic Amendments on Soilborn Plant Diseases and Pathogen Antagonists*. In W. Lockeretz, ED., *Environmentally Sound Agriculture*. p. 51-70. Praeger Press. New York.
- Meyer, L. M. 1975. *Food Chemistry*. The Avi Publishing Company, In., Westport, Connecticut.
- Mochtar, M dan Bachtiar, A., 1992. Evaluasi Kualitas Bahan Baku Tebu Di PG JAtitujuh dalam Kaitannya dengan Pasca Panen. *Laporan Teknis Intern*. P3GI Pasuruan.
- Nurhayati, T.S. 1991. Produk fermentasi termofilik komponen organik sampah yang serba guna. *PERMI*.
- Paturau, J.M., 1989. *By Product of the Sugar cane Industry an Introduction to their Industrial Utilization*. second Completely Revised Edition, Elsevier Scientific Publishing Company. amsterdam, Oxford, New York.
- Pelczar, M.J., E.C.S. Chan and N.R. Krieg. 1986. *Microbiology*. Mc. Graw Hill. Book Company. New York.
- Puspitaningsih, Endang, 1982. Pengaruh Pengaturan pH dan Jumlah Penambahan Gula terhadap Pertumbuhan dan Aktivitas Khamir Saccharomyces cereviceae Varietas Elliopsoideos. *Departemen Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang*.
- Rao, N. S. S. 1977. *Soil Microorganism and Plant Growth*. Mohan Primlani, Oxford and ILH Publ. Co., New Delhi.
- Ranggana, S. 1979. *Manual of Analysis of Fruit and Vegetable Product*. Mc. Graw-Hill Publishing Company Limited. New Delhi.
- Russel, E. W. 1961. *Soil Condition and Plant Growth*. 9th Ed. The English Language Book Society and Longmans Green and Co. Ltd., London. p. 197 - 295.
- Sabngiarso, I. 1992. Uji Antagonistik Pseudomonas sp. dalam Kompos Sampah Kota terhadap Patogen Tular Tanah Penyebab Rebah Kecambah pada Tanaman Tomat (Lycopersicum esculentum Mill). IPB.
- Said, E. G., 1987. *Penerapan Teknologi Fermentasi*. PT. Melton Putra. Jakarta.
- Sanchez, P. A. 1976. *Properties and Management of Soils in The Tropics*. John Wiley and Sons. Inc. New York.

- Sardjoko, 1991. *Bioteknologi*. Gramedia Jakarta : 370 hal.
- Simmond, N., 1965. *Bananas*. 2-nd Edition, Tropical Agriculture Series. Longmann, London.
- Smith, E., 1990. *Prinsip Bioteknologi*. PT. Gramedia. Jakarta.
- Soepardi, G. 1983. *Sifat dan Ciri Tanah*. Departemen Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Spano, L. A., 1976. *Enzymatic Hydrolisis of Cellulosic Wastes to Fermentable Sugar and the Production of Alcohol*. United State Army. Natick Research and Development Command. Massachusetts.
- Sutariningsih dan Nastiti. 1989. *Biokonversi*. Pusat Antar Universitas Bioteknologi. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
- Sudarmadji dan Slamet, 1984. *Prosedur Analisa untuk Bahan Makanan dan Pertanian*. Edisi ke tiga, Penerbit Liberty, Yogyakarta.
- Sutedjo, M. M., Kertosapoetra, A. G. Sastroatmodjo, R.D. S. 1991. *Mikrobiologi Tanah*. Rineka Cipta : 447 hal.
- Waksman, S.A. 1963. *Soil microbiology*. John Wiley & Sons. Inc. New York. London. 356 p.
- Wang, D.I.C., C.L. Cooney, A.L. demain, P. Dunnill, A.E. Humphrey and M.D. Lilly, 1979. *Fermentation and enzym Technology*. John Willey and Sons, New York.
- Widyastuti, R. dan Anas, I. 1991. Upaya Peningkatan Kualitas Kompos dengan *Pseudomonas* sp. *PERMI*.
- Wilder, B.M., and P. Albersheim. 1973. The Structure of Plant Cell Walls IV. A. Structural Comparison of the Wall Hemicellulose of Cell Suspension Cultures of Sycamore and of Red Kidney Bean. In: *Plant Physiologi*. Interscience Publ. New York.
- Winarno, F. G. 1983. *Enzyme Pangan*. Gramedia. Jakarta : 115 hal.
- Yutono, 1989. *Degradasi Bahan Lignosellulotik Menjadi Kompos*, Penanganan Limbah Secara Hayati. UGM. 1 - 19.

Lampiran 1. Sidik Ragan Pengaruh Bakteri, Media dan Suhu terhadap Hidrolisis Selulosa Pada Waktu Pengamatan 5, 10, 15, 20, 25 dan 30 Hari

SV	DF	5	10	15	20	25	30
Perlakuan	23	5,91 **	6,03 **	1,59 tn	2,42 **	2,32 **	1,63 tn
Suhu (s)	2	7,32 **	13,88 **	8,55 **	2,02 tn	16,41 **	12,91 **
Bakteri (b)	1	2,36 tn	16,34 **	4,36 †	< 1	< 1	1,03 tn
Media (m)	3	36,02 **	24,12 **	2,19 tn	13,56 **	1,12 tn	< 1
S x B	2	1,18 tn	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
S x M	6	< 1	1,64 tn	< 1	< 1	< 1	< 1
B x M	3	1,31 tn	1,75 tn	< 1	< 1	3,95 †	1,61 tn
S x B x M	6	< 1	1,16 tn	< 1	< 1	< 1	< 1
Acak	48						
Total	71						

tn : tidak berbeda nyata

† : berbeda nyata pada ($p \leq 0,05$)

** : berbeda sangat nyata pada ($p \leq 0,01$)

Lampiran 2. Sidik Ragan Pengaruh Bakteri, Media dan Suhu terhadap Hidrolisis Lignin Pada Waktu Pengamatan 5, 10, 15, 20, 25 dan 30 Hari

SV	DF	5	10	15	20	25	30
Perlakuan	23	2,35 **	1,50 tn	1,02 tn	1,87 †	2,56 **	2,27 **
Suhu (s)	2	9,17 **	6,20 **	8,30 **	10,66 **	10,22 **	11,11 **
Bakteri (b)	1	2,41 tn	1,53 tn	< 1	< 1	1,49 tn	4,51 †
Media (m)	3	8,71 **	3,79 †	< 1	2,88 †	5,07 **	< 1
S x B	2	< 1	1,74 tn	< 1	< 1	2,19 tn	< 1
S x M	6	< 1	< 1	< 1	< 1	1,55 tn	1,08 tn
B x M	3	< 1	< 1	< 1	1,70 tn	2,46 tn	2,30 tn
S x B x M	6	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	1,48 tn
Acak	48						
Total	71						

tn : tidak berbeda nyata

† : berbeda nyata pada ($p \leq 0,05$)

** : berbeda sangat nyata pada ($p \leq 0,01$)

Lampiran 3. Sidik Ragam Pengaruh Bakteri, Media dan Suhu terhadap Perbandingan C/N Pada Waktu Pengamatan 5, 10, 15, 20, 25 dan 30 Hari

SV	DF	5	10	15	20	25	30
Perlakuan	23	18,80 **	2,41 **	3,02 **	2,51 **	1,16 tn	1,79 †
Suhu (s)	2	2,20 tn	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Bakteri (b)	1	< 1	2,95 tn	2,83 tn	1,82 tn	< 1	< 1
Media (m)	3	136,45 **	14,70 **	19,68 **	15,81 **	7,63 **	8,33 **
S x B	2	< 1	< 1	1,08 tn	< 1	< 1	2,19 tn
S x M	6	1,88 tn	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
B x M	3	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
S x B x M	6	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Acak	48						
Total	71						

tn : tidak berbeda nyata

† : berbeda nyata pada ($p \leq 0,05$)

** : berbeda sangat nyata pada ($p \leq 0,01$)

Lampiran 4. Sidik Ragam Pengaruh Fungi, Media dan Suhu terhadap Hidrolisis Selulosa Pada Waktu Pengamatan 5, 10, 15, 20, 25 dan 30 Hari

SV	DF	5	10	15	20	25	30
Perlakuan	23	2,13 †	2,19 †	< 1	1,72 tn	3,38 **	4,62 **
Suhu (s)	2	9,94 **	11,57 **	2,54 tn	12,14 **	20,36 **	43,18 **
Fungi (f)	1	< 1	1,02 tn	< 1	< 1	< 1	< 1
Media (m)	3	6,91 **	3,76 †	2,11 tn	< 1	< 1	1,13 tn
S x F	2	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
S x M	6	< 1	< 1	1,07 tn	< 1	4,14 **	1,45 tn
F x M	3	< 1	2,00 tn	< 1	< 1	1,03 tn	1,66 tn
S x F x M	6	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Acak	48						
Total	71						

tn : tidak berbeda nyata

† : berbeda nyata pada ($p \leq 0,05$)

** : berbeda sangat nyata pada ($p \leq 0,01$)

Lampiran 5. Sidik Ragam Pengaruh Fungi, Media dan Suhu terhadap Hidrolisis Lignin Pada Waktu Pengamatan 5, 10, 15, 20, 25 dan 30 Hari

SV	DF	5	10	15	20	25	30
Perlakuan	23	3,53 **	4,02 **	3,94 **	1,84 †	5,37 **	17,20 **
Suhu (s)	2	34,85 **	40,26 **	35,90 **	9,93 **	53,11 **	170,35 **
Fungi (f)	1	1,52 tn	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Media (m)	3	< 1	1,14 tn	3,29 †	2,09 tn	1,92 tn	13,82 **
S x F	2	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	2,04 tn
S x M	6	< 1	< 1	< 1	1,36 tn	< 1	< 1
F x M	3	1,35 tn	< 1	< 1	< 1	< 1	1,41 tn
S x F x M	6	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Acak	48						
Total	71						

tn : tidak berbeda nyata

† : berbeda nyata pada ($p \leq 0,05$)

** : berbeda sangat nyata pada ($p \leq 0,01$)

Lampiran 6. Sidik Ragam Pengaruh Fungi, Media dan Suhu terhadap Perbandingan C/N Pada Waktu Pengamatan 5, 10, 15, 20, 25 dan 30 Hari

SV	DF	5	10	15	20	25	30
Perlakuan	23	4,28 **	< 1	1,68 tn	2,81 **	2,22 **	1,44 tn
Suhu (s)	2	4,97 †	5,63 **	16,74 **	27,28 **	12,19 **	11,20 **
Fungi (f)	1	1,85 tn	1,58 tn	< 1	< 1	1,91 tn	< 1
Media (m)	3	24,26 **	< 1	< 1	< 1	5,82 **	1,05 tn
S x F	2	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
S x M	6	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
F x M	3	1,76 tn	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
S x F x M	6	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Acak	48						
Total	71						

tn : tidak berbeda nyata

† : berbeda nyata pada ($p \leq 0,05$)

** : berbeda sangat nyata pada ($p \leq 0,01$)

Lampiran 7. Sidik Ragam Pengaruh Aktinomisetes, Media dan Suhu terhadap Hidrolisis Selulosa Pada Waktu Pengamatan 5, 10, 15, 20, 25 dan 30 Hari

SV	DF	5	10	15	20	25	30
Perlakuan	23	7,55 **	3,60 **	9,41 **	6,58 **	9,93 **	8,72 **
Suhu (s)	2	63,11 **	23,50 **	93,40 **	54,90 **	108,81 **	83,67 **
Aktinomisetes(a)	1	2,85 tn	< 1	< 1	3,50 tn	2,79 tn	< 1
Media (m)	3	10,36 **	3,68 *	8,38 **	7,53 **	< 1	4,59 **
S x A	2	< 1	2,21 tn	< 1	< 1	< 1	< 1
S x M	6	< 1	1,63 tn	< 1	1,19 tn	< 1	1,20 tn
A x M	3	2,42 tn	2,06 tn	< 1	1,81 tn	< 1	2,10 tn
S x A x M	6	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Acak	48						
Total	71						

tn : tidak berbeda nyata

* : berbeda nyata pada ($p \leq 0,05$)

** : berbeda sangat nyata pada ($p \leq 0,01$)

Lampiran 8. Sidik Ragam Pengaruh Aktinomisetes, Media dan Suhu terhadap Hidrolisis Lignin Pada Waktu Pengamatan 5, 10, 15, 20, 25 dan 30 Hari

SV	DF	5	10	15	20	25	30
Perlakuan	23	7,18 **	5,59 **	5,45 **	2,55 **	10,14 **	7,74 **
Suhu (s)	2	68,28 **	50,98 **	41,94 **	26,47 **	98,00 **	57,10 **
Aktinomisetes(a)	1	< 1	1,86 tn	5,44 *	< 1	< 1	8,60 **
Media (m)	3	4,13 *	3,57 *	5,63 **	1,33 tn	4,03 *	10,19 **
S x A	2	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	3,24 *
S x M	6	1,07 tn	< 1	1,34 tn	< 1	1,25 tn	< 1
A x M	3	< 1	1,40 tn	1,52 tn	< 1	4,21 *	1,88 tn
S x A x M	6	1,03 tn	< 1,	< 1	< 1	< 1	1,41 tn
Acak	48						
Total	71						

tn : tidak berbeda nyata

* : berbeda nyata pada ($p \leq 0,05$)

** : berbeda sangat nyata pada ($p \leq 0,01$)

Lampiran 9. Sidik Ragam Pengaruh Aktinomisetes, Media dan Suhu terhadap Perbandingan C/N Pada Waktu Pengamatan 5, 10, 15, 20, 25 dan 30 Hari

SV	DF	5	10	15	20	25	30
Perlakuan	23	5,13 **	3,44 **	4,10 **	4,46 **	1,75 ns	4,17 **
Suhu (s)	2	9,33 **	4,94 †	33,55 **	38,09 **	13,05 **	30,95 **
Aktinomisetes(a)	1	3,16 tn	< 1	< 1	1,03 tn	1,06 tn	< 1
Media (m)	3	19,32 **	7,92 **	3,16 †	3,29 †	1,93 tn	3,18 †
S x A	2	1,25 tn	< 1	< 1	1,17 tn	< 1	1,70 tn
S x M	6	3,99 **	5,95 **	< 1	1,04 tn	< 1	1,47 tn
A x M	3	1,33 tn	< 1	1,79 tn	< 1	< 1	1,95 tn
S x A x M	6	1,30 tn	1,21 tn	1,71 tn	< 1	1,01 tn	1,04 tn
Acak	48						
Total	71						

tn : tidak berbeda nyata

† : berbeda nyata pada ($p \leq 0,05$)

** : berbeda sangat nyata pada ($p \leq 0,01$)

Lampiran 10. Sidik Ragam Pengaruh Macam Mikroorganisme dan Komposisi Limbah Padat terhadap Hidrolisis Selulosa Pada Waktu Pengamatan 10, 20, 30, 60, 90, 120 dan 150 Hari

SV	DF	10	20	30	60	90	120	150
Perlakuan	31	1,94 tn	23,17 **	1,56 tn	1,52 tn	< 1	< 1	10,55 **
Ulangan	2	4,25 **	53,05 **	10,27 **	18,89 **	3,53 **	11,48 **	26,46 **
Limbah (l)	3	2,69 tn	24,89 **	6,96 **	65,04 **	15,90 **	59,19 **	95,65 **
Mikroorganisme (m)	7	16,11 **	217,02 **	35,66 **	53,12 **	7,03 **	23,22 **	67,84 **
L x M	21	< 1	2,41 **	2,28 **	< 1	< 1	< 1	2,78 **
Acak	62							
Total	95							

tn : tidak berbeda nyata

† : berbeda nyata pada ($p \leq 0,05$)

** : berbeda sangat nyata pada ($p \leq 0,01$)

Lampiran 11. Sidik Ragam Pengaruh Macam Mikroorganisme dan Komposisi Limbah Padat terhadap Hidrolisis Lignin Pada Waktu Pengamatan 10, 20, 30, 60, 90, 120 dan 150 Hari

SV	DF	10	20	30	60	90	120	150
Perlakuan	31	< 1	1,83 tn	2,61 tn	1,59 tn	1,27 tn	< 1	1,16 tn
Ulangan	2	14,07 **	27,01 **	88,50 **	55,96 **	64,92 **	16,08 **	11,09 **
Limbah (1)	3	65,65 **	209,53 **	431,43 **	264,41 **	298,67 **	72,87 **	33,28 **
Mikroorganisme (m)	7	25,36 **	23,89 **	157,61 **	121,01 **	146,36 **	33,54 **	25,97 **
L x M	21	2,94 **	1,98 †	16,47 **	4,50 **	4,38 **	2,14 †	2,96 **
Acak	62							
Total	95							

tn : tidak berbeda nyata

† : berbeda nyata pada ($p \leq 0,05$)

** : berbeda sangat nyata pada ($p \leq 0,01$)

Lampiran 12. Sidik Ragam Pengaruh Macam Mikroorganisme dan Komposisi Limbah Padat terhadap Perbandingan C/N Pada Waktu Pengamatan 10, 20, 30, 60, 90, 120 dan 150 Hari

SV	DF	10	20	30	60	90	120	150
Perlakuan	31	< 1	5,51 **	6,14 **	< 1	5,33 **	7,29 **	< 1
Ulangan	2	4,96 **	28,76 **	27,14 **	11,68 **	23,13 **	25,73 **	34,46 **
Limbah (1)	3	9,52 **	77,49 **	63,05 **	33,64 **	10,09 **	11,57 **	21,28 **
Mikroorganisme (m)	7	14,56 **	88,49 **	80,20 **	33,73 **	96,53 **	104,60 **	140,19 **
L x M	21	1,10 tn	1,89 †	4,32 **	1,19 tn	< 1	1,46 tn	1,11 tn
Acak	62							
Total	95							

tn : tidak berbeda nyata

† : berbeda nyata pada ($p \leq 0,05$)

** : berbeda sangat nyata pada ($p \leq 0,01$)

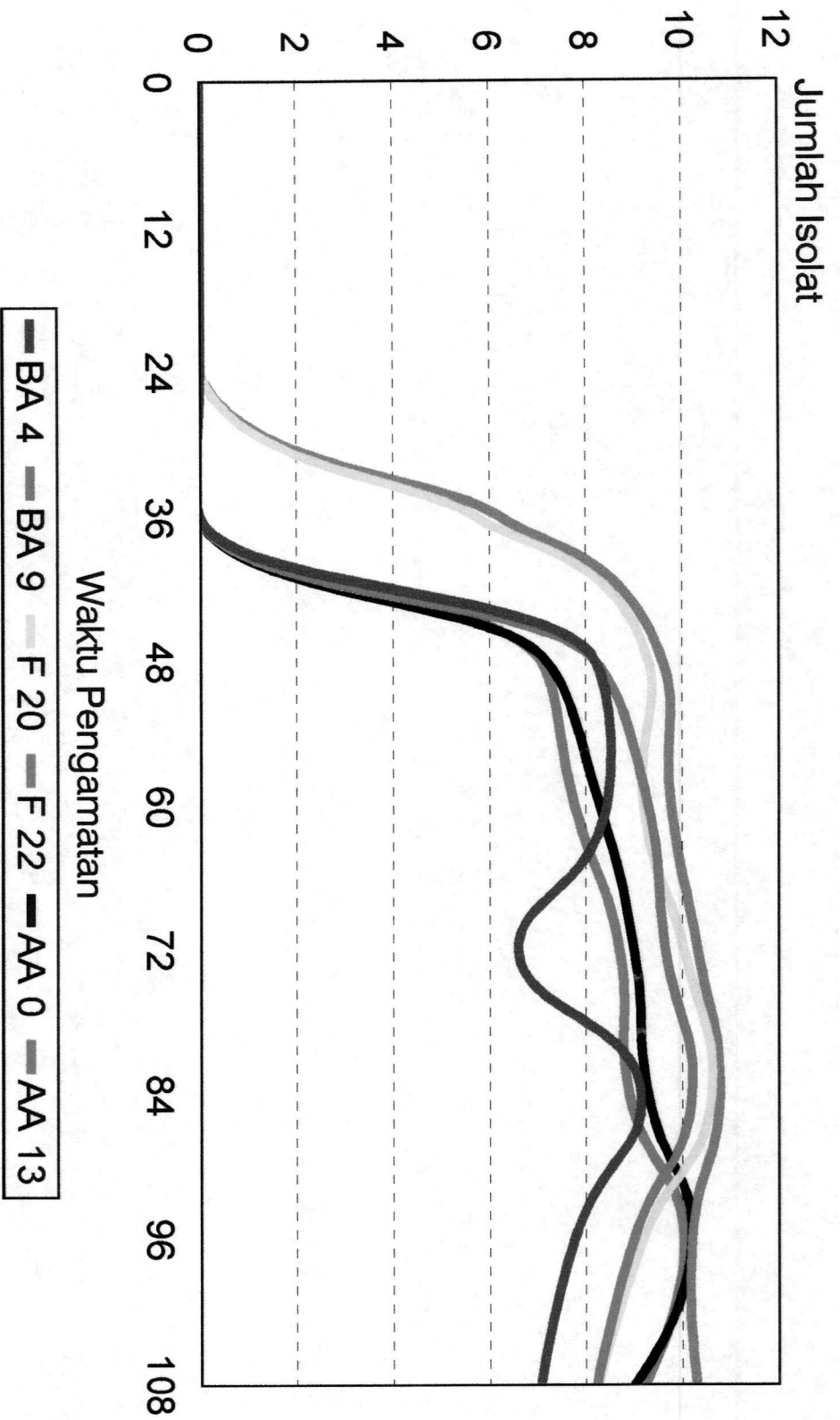
Lampiran 13. Kurva Pertumbuhan Isolat Bakteri BA 4, BA 9, Isolat Fungi FA 20, FA 22, Isolat Aktinomisetes AA 0, AA 13 (jam/hari)

Kode Isolat	Waktu Pengamatan (jam/hari)										
		0	12	24	36	48	60	72	84	96	108
BA 4	M	0	0	0	0	10×10^7	17×10^7	4×10^7	14×10^8	6×10^7	12×10^6
	L	-	-	-	-	8,204	9,431	6,602	9,146	7,778	7,079
BA 9	M	0	0	0	0	16×10^7	20×10^8	46×10^9	16×10^9	10×10^8	17×10^7
	L	-	-	-	-	8,204	9,301	9,663	10,204	9,000	8,230
FA 20	M	0	0	0	5×10^5	20×10^8	16×10^8	11×10^9	41×10^9	16×10^8	18×10^7
	L	-	-	-	5,697	9,301	9,204	10,041	10,813	9,204	8,255
FA 22	M	0	0	0	16×10^5	40×10^8	60×10^8	21×10^9	60×10^9	16×10^9	20×10^8
	L	-	-	-	6,204	9,602	9,778	10,322	10,778	10,204	10,301
AA 0	M	0	0	0	0	16×10^6	20×10^7	10×10^8	20×10^8	16×10^9	10×10^8
	L	-	-	-	-	7,204	8,301	9,000	9,361	10,204	9,000
AA 1	M	0	0	0	0	12×10^6	6×10^7	5×10^8	8×10^8	11×10^9	17×10^8
	L	-	-	-	-	7,079	7,778	8,699	8,903	10,041	9,203

Keterangan :

M = Jumlah Isolat

L = Logaritma



Gambar. Kurva pertumbuhan bakteri isolat BA 4, BA 9, fungi FA 20, FA22 dan Aktinomisetes AA 0 dan AA 13

Lampiran 14.1. Hasil Analisa Bahan Baku

Nomor	Bahan Baku	Kadar Air	Kadar C	Kadar N total	Kadar P
		(%)			
1	Ampas	15	50,120	0,526	0,398
2	Blotong	67	14,483	0,645	0,656
3	Abu ketel	5	6,100	0,010	0,420

Lampiran 14.2. Perhitungan Komposisi Substrat

Perbandingan komposisi substrat dihitung berdasarkan berat kering masing-masing bahan. Kapasitas total yaitu 100 gr berat kering. Masing-masing komposisi substrat adalah:

Komposisi 1: Ampas 100 %

Komposisi 2: Ampas 75 % + Blotong 20 % + Abu ketel 5 %

Komposisi 3: Ampas 60 % + Blotong 30 % + Abu ketel 10 %

Komposisi 4: Ampas 50 % + Blotong 40 % + Abu ketel 10 %,

kemudian dikonversikan ke berat basah, sehingga berat yang harus ditimbang untuk setiap komposisi adalah:

Komposisi 1: 115 gr ampas tebu

Komposisi 2: 86,25 gr ampas tebu + 33,60 gr blotong +
5,25 gr abu ketel

Komposisi 3: 69 gr ampas tebu + 50,10 gr blotong + 10,50 gr
abu ketel

Komposisi 4: 57,50 gr ampas tebu + 66,80 gr blotong +
10,50 gr abu ketel.

Lampiran 14.3. Perhitungan Perbandingan C/N Total

Berdasarkan komposisi substrat, maka dapat dihitung kadar C total untuk :

$$\begin{aligned}
 \text{Komposisi 1} &= 115 \times 50,120 / 100 = 57,638 \\
 \text{Komposisi 2} &= 86,25 \times 50,120 / 100 = 43,228 \\
 &33,60 \times 14,483 / 100 = 4,866 \\
 &5,225 \times 6,100 / 100 = 0,319 \\
 &\text{Jumlah total} = 48,413 \\
 \text{Komposisi 3} &= 69,00 \times 50,120 / 100 = 34,500 \\
 &= 50,10 \times 14,483 / 100 = 7,256 \\
 &= 10,50 \times 6,100 / 100 = 0,641 \\
 &\text{Jumlah total} = 42,397 \\
 \text{Komposisi 4} &= 57,50 \times 50,120 / 100 = 28,819 \\
 &= 66,80 \times 14,483 / 100 = 9,964 \\
 &= 10,50 \times 6,100 / 100 = 0,641 \\
 &\text{Jumlah total} = 39,424
 \end{aligned}$$

Berdasarkan komposisi substrat, dapat dihitung kadar N total untuk :

$$\begin{aligned}
 \text{Komposisi 1} &= (115 \times 0,526 / 100) \\
 &= 0,605 \\
 \text{Komposisi 2} &= (86,25 \times 0,526 / 100) + (33,60 \times 0,645 / 100) + \\
 &(5,25 \times 0,010 / 100) \\
 &= 0,670 \\
 \text{Komposisi 3} &= (69,00 \times 0,526 / 100) + (50,10 \times 0,645 / 100) + \\
 &(10,50 \times 0,010 / 100) \\
 &= 0,687
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Komposisi 4} &= (57,50 \times 0,526 / 100) + (66,80 \times 0,845 / 100) + \\ &\quad (10,50 \times 0,010 / 100) \\ &= 0,734 \end{aligned}$$

Dari ketiga perhitungan tersebut dapat dihitung perbandingan C/N, dan penambahan kekurangan unsur N, untuk mendapatkan C/N = 20. Kekurangan N ditambahkan dari Urea (46%) dengan rincian :

$$\begin{aligned} \text{Komposisi 1 :} \quad \text{C/N} &= 57,638 / 0,605 \\ &= 95,269 \end{aligned}$$

Untuk mendapatkan C/N = 20 ditambahkan 4,950 gr Urea

$$\begin{aligned} \text{Komposisi 2 :} \quad \text{C/N} &= 48,413 / 0,670 \\ &= 72,258 \end{aligned}$$

Untuk mendapatkan C/N = 20 ditambahkan 3,806 gr Urea

$$\begin{aligned} \text{Komposisi 3 :} \quad \text{C/N} &= 42,397 / 0,687 \\ &= 61,713 \end{aligned}$$

Untuk mendapatkan C/N = 20 ditambahkan 3,115 gr Urea

$$\begin{aligned} \text{Komposisi 4 :} \quad \text{C/N} &= 39,424 / 0,734 \\ &= 53,711 \end{aligned}$$

Untuk mendapatkan C/N = 20 ditambahkan 2,689 gr Urea

Lampiran 14.4. Perhitungan Kadar Air

Untuk penambahan air agar kadar air yang ditentukan sesuai digunakan rumus :

$$K.A = \frac{B.B - B.K}{B.K}$$

dimana K.A = Kadar air yang diinginkan
 B.B = Berat basah
 B.K = Berat kering

Hasil perhitungannya sebagai berikut :

Komposisi 1 = 135,294 ml

Komposisi 2 = 208,815 ml

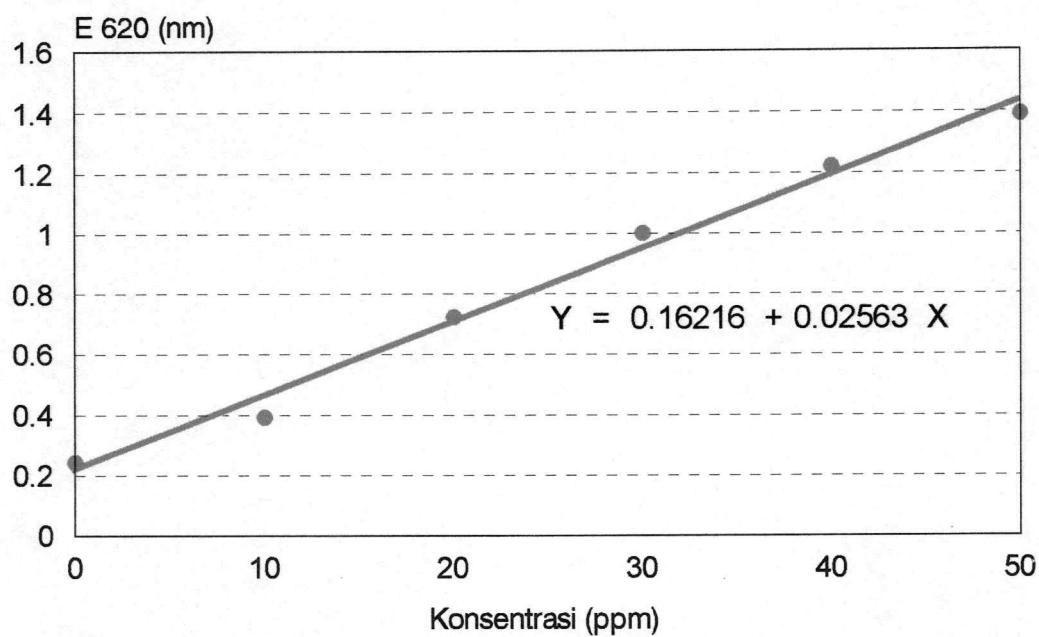
Komposisi 3 = 244,048 ml

Komposisi 4 = 210,942 ml

Lampiran 15. Standart Fosfor.

Membuat larutan standart (P_2O_5) 1000 ppm. Menimbang 1,9169 gr KH_2PO_4 kering dimasukkan kedalam 1000 ml H_2O . Dibuat larutan standart 0, 10, 20, 30, 40, dan 50 ppm. Masing-masing 0, 1, 2, 3, 4, dan 5 ml dimasukkan kedalam labu ukur 100 ml dan masing-masing ditambahkan pereaksi molibdovanadat dan ditambahkan aquades sampai tanda garis. 10 menit kemudian diukur pada spektrofotometer pada $E = 620$ nm dengan hasil sebagai berikut :

Tabung reaksi	Σ PB atau PC (ppm)	E 620 (nm)
1	0	0,24
2	10	0,51
3	20	0,76
4	30	1,01
5	40	1,27
6	50	1,53



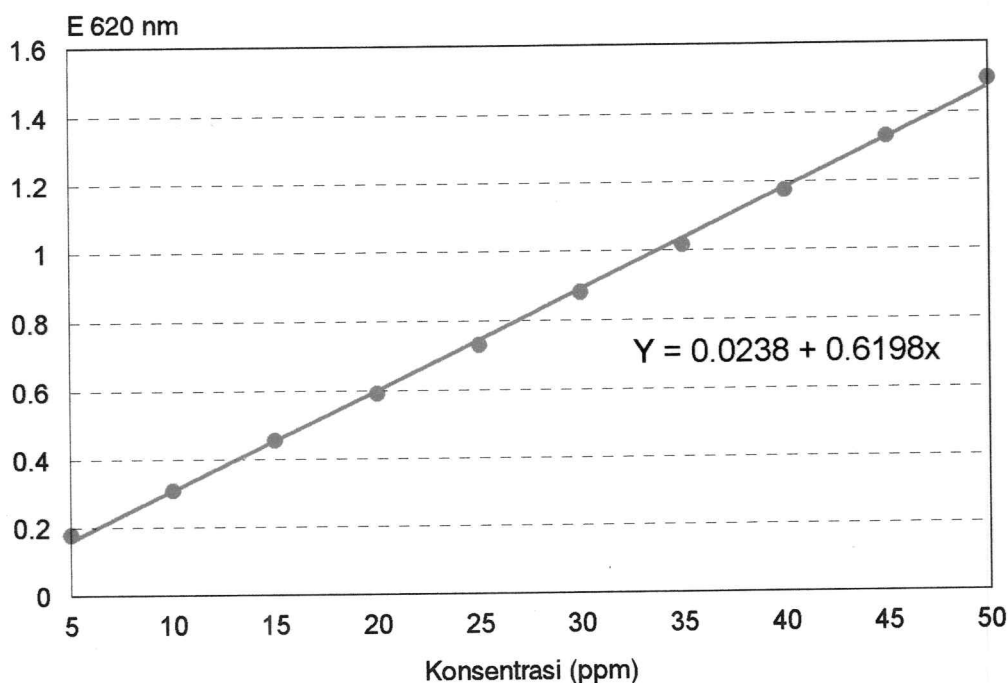
Gambar. Kurva Standart Fosfor

Lampiran 16. Standart Protein

Tabung reaksi diisi dengan larutan Bovine serum albumin (1 $\mu\text{g}/\mu\text{l}$) dan aquadest sampai dengan volume 200 μl . Kemudian ditambah 2300 μl larutan salin 0,9 persen dan

2500 μ l larutan cat coosmosisie brillian blue. Isi tabung reaksi dikocok perlahan dengan vortek mixer dan dibiarkan pada suhu kamar 5 menit, kemudian diukur absorbansinya pada panjang gelombang 620 nm.

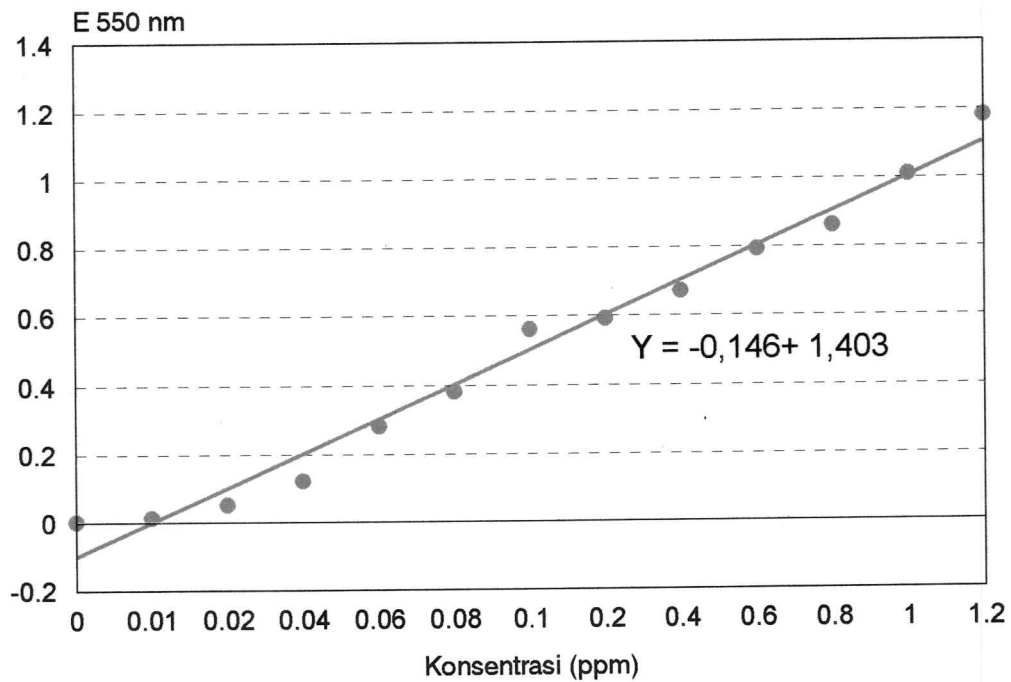
Tabung reaksi	Σ BSA (ppm)	E 620 (nm)
1	5	0,1765
2	10	0,3063
3	15	0,4535
4	20	0,5900
5	25	0,7304
6	30	0,8794
7	35	1,0154
8	40	1,1736
9	45	1,3301
10	50	1,4948



Gambar. Kurva Standart Protein

Lampiran 17. Kurva Standart Gula Reduksi

Nomor	Konsentrasi Glukosa (g/l)	Absorbansi
1	0,0000	0
2	0,0100	0,012
3	0,0200	0,049
4	0,0400	0,120
5	0,0600	0,280
6	0,0800	0,380
7	0,1000	0,561
8	0,2000	0,593
9	0,4000	0,675
10	0,6000	0,792
11	0,8000	0,863
12	1,0000	1,108
13	1,2000	1,189



Gambar . . . Kurva Standart Gula Reduksi