

**PEMBUATAN INOKULUM ASAM SITRAT DARI KULIT UBI
KAYU SERTA PERANCANGAN PROSES PRODUKSINYA
(Kajian Penambahan Starter *Aspergillus niger* dan Urea)**

SKRIPSI

Oleh :

MUSTAJIB JUNAIDI A.

NIM. 0111033008-103



JURUSAN TEKNOLOGI INDUSTRI PERTANIAN

FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2006

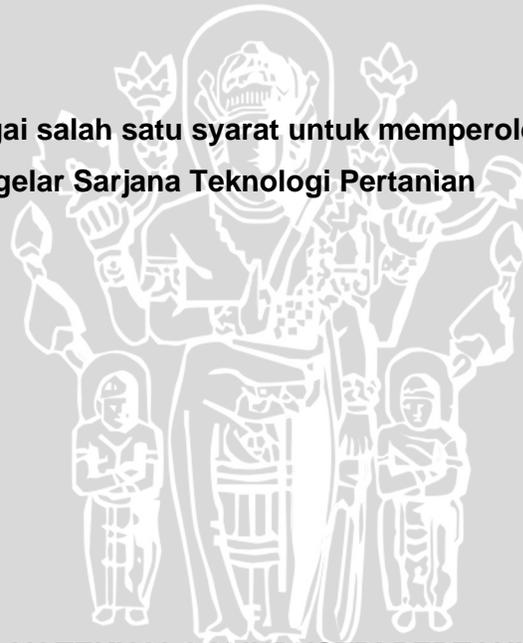
**PEMBUATAN INOKULUM ASAM SITRAT DARI KULIT UBI
KAYU SERTA PERANCANGAN PROSES PRODUKSINYA
(Kajian Penambahan Starter *Aspergillus niger* dan Urea)**

Oleh :

MUSTAJIB JUNAIDI A.

NIM. 0111033008-103

**Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
gelar Sarjana Teknologi Pertanian**



JURUSAN TEKNOLOGI INDUSTRI PERTANIAN

FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2006

LEMBAR PERSETUJUAN

Judul : Pembuatan Inokulum Asam Sitrat dari Kulit Ubi Kayu Serta Perancangan Proses Produksinya (Kajian Penambahan Starter *Aspergillus niger* dan Urea)

Nama : Mustajib Junaidi A.

NIM : 0111033008-103

Jurusan : Teknologi Industri Pertanian

Fakultas : Teknologi Pertanian

Pembimbing Pertama,

Ir. Nur Hidayat, MP
NIP : 131 653 132

Pembimbing Kedua,

DR. Ir Wignyanto, MS
NIP : 130 935 074

Tanggal Persetujuan.....

Tanggal Persetujuan.....

LEMBAR PENGESAHAN

Judul : Pembuatan Inokulum Asam Sitrat dari Kulit Ubi Kayu Serta Perancangan Proses Produksinya (Kajian Penambahan Starter *Aspergillus niger* dan Urea)

Nama : Mustajib Junaidi A.

NIM : 0111033008-103

Jurusan : Teknologi Industri Pertanian

Fakultas : Teknologi Pertanian

Dosen Penguji I,

Dr. Ir. Susinggih Wijana, MS
NIP : 131 281 899

Dosen Penguji II,

Sucipto, STP., MP
NIP : 132 231 564

Dosen Penguji III,

Dr. Ir Wignyanto, MS
NIP : 130 935 074

Dosen Penguji IV,

Ir. Nur Hidayat, MP
NIP : 131 653 132

Ketua Jurusan,

Ir. Sukardi, MS
NIP : 131 574 864

Tanggal Lulus Skripsi :

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

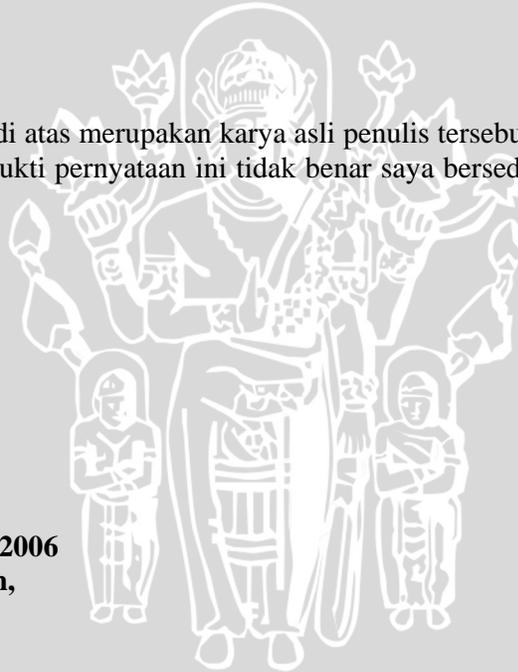
Nama Mahasiswa : Mustajib Junaidi. A
NIM : 0111033008
Jurusan : Teknologi Industri Pertanian
Fakultas : Teknologi Pertanian
Judul Skripsi : Pembuatan Inokulum Asam Sitrat dari Kulit Ubi Kayu
Serta Perancangan Proses Produksinya (Kajian Penambahan
Starter *Aspergillus niger* dan Urea)

Menyatakan bahwa,

Skripsi dengan judul di atas merupakan karya asli penulis tersebut di atas. Apabila di kemudian hari terbukti pernyataan ini tidak benar saya bersedia dituntut sesuai hukum yang berlaku.

Malang, 29 Agustus 2006
Pembuat Pernyataan,

Mustajib Junaidi A.
NIM. 0111033008-103



Persembahkan

*Kepada cita-citaku yang tinggi menjulang
Kepada orang yang membangun kepribadian
Dan keagungan diri dengan tangan sendiri
Kepada orang yang tertimpa sakit dan kemalangan
Kepada orang yang telah menolongku menempuh jalan makrifat
Dan berlayar bersamaku menempuh jalan-jalan kehidupan
Sehingga aku sampai di dermaga kedamaian
Kepada orang yang telah menanamkan kecintaan kepada tanah air
Dalam jiwaku semenjak kecil
Kepadamu aku persembahkan karya kecilku ini.*

repository.ub.ac

Mustajib Junaidi A. 0111033008-103. Pembuatan Inokulum Asam Sitrat dari Kulit Ubi Kayu Serta Perancangan Proses Produksinya (Kajian Penambahan Starter *Aspergillus niger* dan Urea).

**Pembimbing : 1. Ir. Nur Hidayat, MP
2. Dr. Ir. Wignyanto, MS**

RINGKASAN

Asam sitrat merupakan produk hasil fermentationasi yang membutuhkan inokulum dalam proses fermentationasinya. Penambahan inokulum ini untuk menambahkan mikroorganisme yang berfungsi sebagai perombak bahan untuk menghasilkan senyawa asam sitrat. Inokulum yang selama ini banyak digunakan dalam fermentationasi asam sitrat adalah biakan murni *A.niger*. Kelemahan biakan murni *A.niger* adalah kebutuhan peralatan dan pemeliharaan yang rumit. Sehingga pemakaian inokulum kering (tepung) dalam fermentationasi asam sitrat lebih mudah dibandingkan dengan menggunakan biakan murni *A. niger*. Inokulum kering (tepung) tidak membutuhkan peralatan dan pemeliharaan yang rumit sehingga aplikasi dalam fermentationasi asam sitrat sangat sederhana.

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh penambahan starter *Aspergillus niger* dan konsentrasi urea untuk menghasilkan inokulum asam sitrat dari kulit ubi kayu yang berkualitas dan layak diproduksi. Serta mengetahui perancangan proses produksi inokulum asam sitrat dari kulit ubi kayu dalam skala industri kecil.

Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) secara faktorial yang dibagi menjadi tiga kelompok dan terdiri dari dua faktor. Faktor A adalah penambahan starter *A.niger* 1% (b/b), 3% (b/b), dan 5% (b/b). Faktor B adalah penambahan urea 0,25% (b/b), 0,5% (b/b) dan 0,75% (b/b).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan A_3B_3 (5 % starter *A. niger* (b/b) dan 0,75 % urea (b/b)) memberikan hasil terbaik dengan total kapang sebesar 7,876 log cfu/g, penurunan total kapang setelah satu bulan sebesar 11,79%, bakteri kontaminan sebesar 7,618 log cfu/g, penurunan bakteri kontaminan setelah satu bulan sebesar 16,42%, kadar air sebesar 12,83%, rendemen sebesar 50,77%, dan total asam sitrat yang dihasilkan dari fermentationasi dengan bahan baku onggok sebesar 2,60%.

Perancangan proses produksi inokulum asam sitrat dilakukan terhadap perlakuan penambahan 5 % starter *A. niger* (b/b) dan 0,75 % urea (b/b) dengan menggunakan peralatan yang sederhana. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa untuk menghasilkan tepung inokulum asam sitrat sebanyak 100 kemasan/hari (@250 g) bahan baku kulit ubi kayu yang dibutuhkan sebesar 50 Kg/hari. Total bahan baku kulit ubi kayu yang dibutuhkan dalam setiap bulannya (25 hari) adalah 1.250 Kg kulit ubi kayu. Tata letak fasilitas yang digunakan adalah *Lay out Product* dengan waktu proses produksi yang dibutuhkan dalam satu kali produksi adalah 392,3 jam (17 hari) dan konsumsi listrik yang dibutuhkan sebesar 38,247 KWH.

Kata Kunci : Inokulum, *Aspergillus niger* dan urea

repository.ub.ac

Mustajib Junaidi A. 0111033008-103. Making The Citrid Acid Inoculum from Husk Cassava and Scheme Process Production (Study Addition of Starter *Aspegillus niger* and Urea).

Supervisor : 1. Ir. Nur Hidayat, MP

2. Dr. Ir. Wignyanto, MS

SUMMARY

The citrid acid is product result of fermentation requiring inoculum in course of its fermentation. Addition of this inoculum to enhance functioning mikroorganisme as changer of materials to yield citrate compound. Inoculum which during the time used many in citrid acid fermentation is pure breeding of *A.niger*. Weakness of pure breeding *A.Niger* is requirement of equipment and complicated conservancy. So that usage of dry inoculum (flour) in citrid acid fermentation to easier than use pure breeding *A. niger*. Dry Inokulum (flour) do not require complicated conservancy and equipments so that application in citrid acid fermentation very simple.

Target of this research is to know influence addition of starter of *Aspergillus niger* concentration and niger of urea to yield citrid acid inoculum of cassava husk which quality and produced competent. And also to know scheme of production process citrid acid inoculum of cassava husk in small industrial scale.

Attempt scheming the used is Rancangan Acak Kelompok (RAK) factorially which is divided become three group and consist of two factor. Factor of A is addition of starter of *A.Niger* 1% (b / b), 3% (b / b), and 5% (b / b). Factor of B is addition of urea 0,25% (b / b), 0,5% (b / b) and 0,75% (b / b).

Result of research indicate that treatment of (5 % starter *A. niger* (b / b) and 0,75 % urea (b / b)) give best result totally mould equal to 7,876 log cfu / g, total degradation of mould after one months equal to 11,79%, bacterium of kontaminan equal to 7,618 log cfu / g, degradation of bacterium of kontaminan after one months equal to 16,42%, rate irrigate equal to 12,83%, rendemen equal to 50,77%, and total yielded citrid acid of fermentation with raw material of onggok equal to 2,60%.

Scheme of production process of inoculum citrid acid conducted to treatment of addition 5 % starter *A. niger* (b / b) and 0,75 % urea (b / b) with use simple equipments. Result of calculation indicate that to yield flour of inokulum citrate counted 100 tidiness / day (@ 250 g) required cassava husk raw material equal to 50 Kg / day. Total of cassava husk raw material which is required in per month (25 day) is 1.250 Kg cassava husk. Arrange situation facility the used is Lay-Out Product with production process time which is required in once produce is 392,3 hours (17 days) and required electrics consumption equal to 38,247 KWH.

Key Words : Inoculum, *Aspergillus niger* and Urea

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah puji syukur penulis sampaikan ke hadirat Allah SWT atas cinta dan kasih sayang-Nya, hingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Skripsi ini berjudul “Pembuatan Inokulum Asam Sitrat dari Kulit Ubi Kayu Serta Perancangan Proses Produksinya (Kajian Penambahan Starter *Aspegillus niger* dan Urea) “. Penulisan skripsi ini merupakan salah satu syarat akademik untuk mencapai gelar Sarjana Teknologi Pertanian.

Pada kesempatan ini, dengan segala hormat penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besrnya kepada :

1. Bpk. Ir. Nur Hidayat, MP dan Bpk. Dr. Ir Wignyanto, MS selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan, saran, dan nasihat kepada penulis.
2. Bpk. Dr. Susinggih Wijana, MS dan Bpk. Sucipto, STP., MP selaku Dosen Penguji atas segala saran dan masukannya.
3. Bpk. Ir. Sukardi, MS selaku Ketua Jurusan Teknologi Industri Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya Malang.
4. Sahabat-sahabat TIP Ekstensi Angkatan 2001 atas semangat dan kebersamaan yang akan selalu terjaga kemarin, sekarang dan yang akan datang.
5. Sahabat-sahabat diskusi dan Praktikan di Laboratorium Bioindustri dan Tenologi Pengelolaan Limbah atas bantuan dan kerja samanya.
6. Sahabat–sahabat Pergerakan Mahasiswa Islam Indonesia (PMII) atas semangat dan kebersamaannya. Semoga kebersamaan ini selalu terjaga meski harus terpisahkan oleh ruang dan waktu.
7. Bapak, Ibu, Kakak, Adik tercinta dan Keluarga penulis yang telah memberikan do’a dan kasih sayang yang tak ternilai harganya.
8. Semua pihak yang telah membantu dalam penulisan skripsi ini.

Penulis menyadari skripsi ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik demi perbaikan skripsi ini. Akhirnya, semoga skripsi ini bermanfaat bagi para pembaca. Amin...

Malang, Agustus 2006

Penulis



RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Lamongan Jawa Timur pada tanggal 13 Mei 1983. dari ayah bernama M. Syakur Abidin dan Ibu Siti Rofi'ah.

Penulis menyelesaikan pendidikan formal pada Sekolah Dasar di SDN Sukorame I pada tahun 1995, kemudian melanjutkan ke Madrasah Tsanawiyah Negeri (MTsN) Babat dengan tahun kelulusan 1998, dan menyelesaikan Sekolah Menengah Umum di SMUN 2 Jombang pada tahun 2001. Selama menempuh pendidikan formal, penulis juga menempuh pendidikan non formal di Pondok Pesantren "Al-Azhar" Babat Lamongan tahun 1995-1998 dan Pondok Pesantren "Sunan Ampel" Jombang tahun 1998-2001.

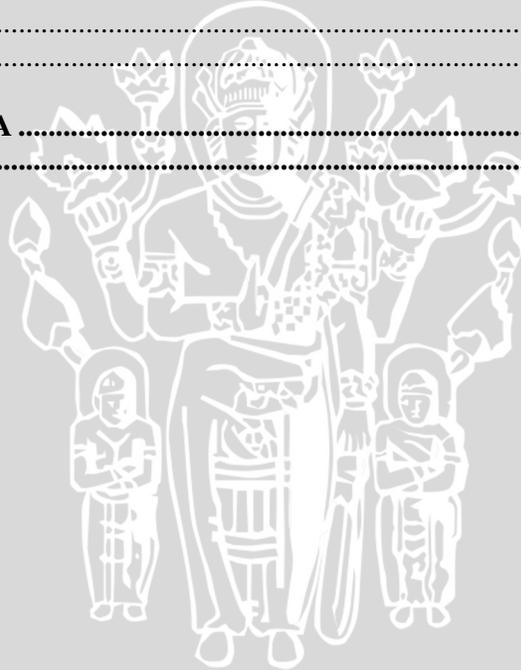
Pada tahun 2006 penulis telah berhasil menyelesaikan pendidikannya di Universitas Brawijaya Malang pada Jurusan Teknologi Industri Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian. Pada masa pendidikannya, penulis aktif sebagai Asisten Teknologi Pengelolaan Limbah, Majelis Perwakilan Mahasiswa (MPM) [FTP periode 2003/2004](#), Pengurus Himpunan Mahasiswa Teknologi Industri Pertanian (HIMATITAN) Periode 2002/2003 dan Ketua Pergerakan Mahasiswa Islam Indonesia (PMII) Komisariat Brawijaya Masa Ibadah 2005-2006.



DAFTAR ISI

	Halaman
RINGKASAN	i
SUMMARY	ii
KATA PENGANTAR	iii
RIWAYAT HIDUP	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Hipotesis.....	3
1.4 Tujuan.....	4
1.5 Manfaat.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Inokulum.....	5
2.2 Inokulum Asam Sitrat.....	7
2.3 <i>Aspergillus niger</i>	7
2.4 Asam Sitrat.....	9
2.5 Medium Pertumbuhan Mikroba.....	10
2.6 Kulit Ubi Kayu.....	12
2.7 Urea.....	13
2.8 Perancangan Proses Produksi.....	14
III. METODE PENELITIAN	16
3.1 Waktu dan Tempat.....	16
3.2. Alat dan Bahan.....	16
3.3 Batasan Masalah.....	16
3.4 Metode Percobaan.....	17
3.5 Alur Pelaksanaan Penelitian.....	18
3.6 Pelaksanaan Penelitian.....	22
3.7 Metode Analisis.....	27
3.7.1 Analisis Kualitas.....	27
3.7.2 Analisis Data.....	27
3.8 Penentuan Alternatif Terbaik.....	28
3.9 Perancangan Proses Produksi.....	28
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	29
4.1 Total Kapang Inokulum.....	29
4.2. Penurunan Total Kapang Hidup Setelah Satu Bulan.....	32

4.3 Bakteri Kontaminan	33
4.4 Penurunan Bakteri Kontaminan Setelah Satu Bulan	36
4.5 Kadar Air Inokulum	37
4.6 Rendemen Inokulum	39
4.7 Persentase Asam Sitrat	43
4.8 Penentuan Alternatif Terbaik	46
4.9 Perancangan Proses Produksi	47
4.9.1 Bahan Baku dan Bahan Pembantu	47
4.9.2 Proses Produksi Inokulum	49
4.9.3 Kapasitas Produksi Inokulum	55
4.9.4 Kebutuhan Peralatan	55
4.9.5 Peta Proses Operasi Produksi Inokulum	56
4.9. Tata Letak Fasilitas (<i>Lay-out</i>)	57
V. PENUTUP	58
5.1 Kesimpulan	58
5.2 Saran	59
DAFTAR PUSTAKA	60
LAMPIRAN	63

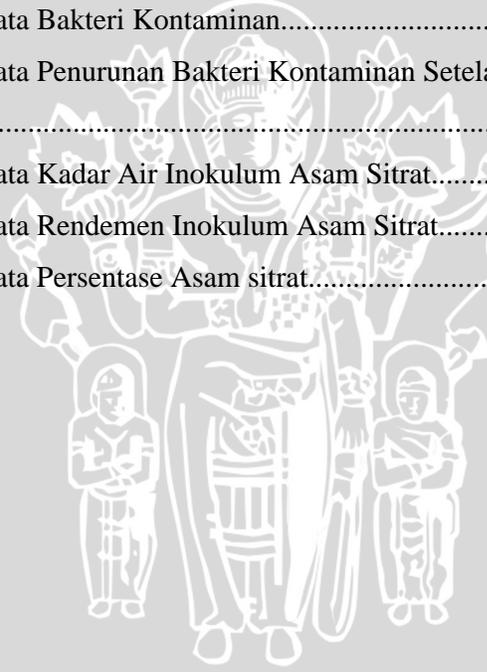


DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
1.	Kandungan Energi dan Nutrisi Limbah Ubi Kayu.....	12
2.	Rerata Total Kapang Inokulum Berdasarkan Penambahan Starter <i>A.niger</i>	30
3.	Rerata Bakteri Kontaminan Berdasarkan Penambahan Starter <i>A.niger</i>	34
4.	Rerata kadar Air Inokulum Asam Sitrat Berdasarkan Penambahan Starter <i>A. niger</i>	39
5.	Rerata Rendemen Inokulum Asam Sitrat Berdasarkan Pada Berbagai Perlakuan.....	41
6.	Rerata Rendemen Inokulum Asam Sitrat Berdasarkan Penambahan Starter <i>A.niger</i>	41
7.	Rerata Rendemen Inokulum Asam Sitrat Berdasarkan Penambahan Konsentrasi Urea.	42
8.	Rerata Persentase Asam Sitrat Yang Dihasilkan Pada Berbagai Perlakuan.....	44
9.	Rerata Persentase Asam Sitrat Yang Dihasilkan Berdasarkan Penambahan Starter <i>A.niger</i>	44
10.	Rerata Persentase Asam Sitrat Yang Dihasilkan Berdasarkan Jumlah Penambahan Konsentrasi Urea.	45
11.	Jenis Peralatan Dalam Pembuatan Inokulum.....	56

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
1.	Alur Pelaksanaan Penelitian.....	21
2.	Diagram Alir Peremajaan Kultur Murni <i>A.niger</i>	22
3.	Diagram Alir Pembuatan Starter <i>A.niger</i>	24
4.	Diagram Alir Pembuatan Inokulum Asam Sitrat.....	26
5.	Grafik Rerata Total Kapang Inokulum Asam Sitrat.....	29
6.	Grafik Rerata Penurunan Total kapang Hidup Setelah 1 Bulan.....	32
7.	Grafik Rerata Bakteri Kontaminan.....	34
8.	Grafik Rerata Penurunan Bakteri Kontaminan Setelah Satu Bulan.....	36
9.	Grafik Rerata Kadar Air Inokulum Asam Sitrat.....	38
10	Grafik Rerata Rendemen Inokulum Asam Sitrat.....	40
11	Grafik Rerata Persentase Asam sitrat.....	43



DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Teks	Halaman
1.	Prosedur Analisis.....	63
2.	Data Hasil Pengamatan dan Analisis Ragam Total Kapang Inokulum Asam Sitrat.....	69
3.	Data Hasil Pengamatan dan Analisis Ragam Penurunan Total Kapang Hidup Setelah 1 Bulan.....	71
4.	Data Hasil Pengamatan dan Analisis Ragam Bakteri Kontaminan.....	73
5.	Data Hasil Pengamatan dan Analisis Ragam Bakteri Kontaminan Setelah Satu Bulan.....	75
6.	Data Hasil Pengamatan dan Analisis Ragam Kadar Air Inokulum.....	77
7.	Data Hasil Pengamatan dan Analisis Ragam Rendemen Inokulum.....	79
8.	Data Hasil Pengamatan dan Analisis Ragam Persentasi Asam Sitrat Yang Dihasilkan.....	81
9.	Penentuan Alternatif Terbaik.....	83
10.	Asumsi Dasar.....	84
11.	Data UKM Tape di Kecamatan Tamanan Bondowoso.....	85
12.	Perancangan Proses Produksi Inokulum.....	86
13.	Peta Proses Operasi Peremajaan Kultur Murni <i>A.niger</i>	90
14.	Peta Proses Operasi Pembuatan Starter <i>A.niger</i>	91
15.	Peta Proses Operasi Pembuatan Inokulum Asam Sitrat.....	92
16.	Perhitungan Luas Lantai.....	93
17.	Tata Letak Fasilitas.....	95
18.	Gambar Kulit Ubi Kayu dan Inokulum Asam Sitrat.....	99

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Inokulum adalah substansi yang mengandung mikroorganisme yang diberikan ke dalam tubuh atau kedalam media perkembangbiakan (Pelczar dan Chan, 1988). Inokulum juga disebut starter yaitu sejumlah komponen hidup yang diberikan untuk menjadi mikroba *pioneer* perombakan suatu bahan dalam proses fermentasi (Rahman, 1992).

Asam sitrat merupakan hasil fermentasi yang membutuhkan inokulum dalam proses fermentasinya. Penambahan inokulum ini berfungsi untuk menambahkan mikroorganisme yang berfungsi sebagai perombak bahan baku untuk menghasilkan asam sitrat. Asam sitrat merupakan asam yang berbentuk granula atau bubuk berwarna putih, tidak berbau, berasa asam dan cepat larut dalam air, keluruatannya lebih tinggi di dalam air dingin daripada air panas. Asam sitrat sering digunakan untuk makanan dan minuman karena dapat memberikan kombinasi sifat yang diinginkan selain karena tersedia dalam jumlah yang besar dengan harga murah (Hui, 1991).

Menurut Tjokroadikoesoemo (1993), proses fermentasi asam sitrat diterapkan secara besar-besaran (skala pabrik) untuk pertama kalinya oleh Jerman pada awal abad ke-20. Dewasa ini hampir 90% dari seluruh produksi asam sitrat di Amerika Serikat dihasilkan dengan cara fermentasi dengan bahan baku sukrosa dan dekstrosa. Pembentukan asam sitrat didalam fermentasi larutan gula ini didasarkan pada teori bahwa asam sitrat yang terbentuk dari glukosa dapat

menghasilkan asetil SCoA yang dalam kondensasi dengan asam oksaloasetat menghasilkan asam sitrat (siklus Krebs). Tjokroadikoesoemo (1993), menambahkan bahwa selama ini inokulum yang banyak digunakan dalam fermentasi asam sitrat adalah biakan murni dari *Aspergillus niger*, *Aspergillus fumaricus*, *Aspergillus japonicus* atau *Aspergillus wentii*. *Aspergillus niger* memiliki kemampuan produksi paling baik dalam fermentasi asam sitrat.

Menurut Kumalaningsih dkk (1995), pemakaian inokulum kering (tepung) sebenarnya lebih mudah dibandingkan dengan biakan murni. Disamping tidak membutuhkan peralatan untuk pemeliharaannya, juga aplikasi dalam proses fermentasi sangat sederhana. Kelemahan dari inokulum kering ini adalah dalam fase adaptase mikroba yang membutuhkan waktu lebih lama dibandingkan dengan inokulum murni.

Kulit ubi kayu merupakan limbah dari mata rantai proses produksi makanan yang dapat digunakan sebagai bahan baku dalam produksi inokulum kering asam sitrat. Disamping ketersediaan kulit ubi kayu yang melimpah, kulit ubi kayu juga mengandung air, nitrogen, karbohidrat, mineral dan vitamin yang dibutuhkan oleh *Aspergillus niger*. Adanya unsur karbon yang tersedia didukung oleh pH awal yang sesuai sangat bermanfaat untuk pertumbuhan *Aspergillus niger*.

Urea merupakan senyawa yang mengandung 47-48% nitrogen, selain itu juga murah (Lingga dan Marsono, 2002). Berdasarkan hal tersebut maka urea dapat digunakan sebagai bahan alternatif untuk menambahkan unsur N dalam

medium pertumbuhan *Aspergillus niger* dan diharapkan dengan penambahan unsur N tersebut pertumbuhan *Aspergillus niger* dalam medium kulit ubi kayu akan lebih optimal.

Perancangan proses produksi perlu ditambahkan dalam pendirian industri inokulum asam sitrat skala kecil. Perancangan proses produksi pembuatan inokulum asam sitrat ini meliputi perancangan bahan baku dan bahan pembantu, perancangan proses produksi, perancangan peralatan, perancangan peta proses operasi dan perancangan tata letak fasilitas (*lay-out*). Sehingga diharapkan dengan perancangan proses produksi yang tepat, akan dapat memproduksi inokulum asam sitrat dari bahan baku kulit ubi kayu secara optimal.

1.2 Rumusan Masalah

Apakah kulit ubi kayu dapat digunakan sebagai inokulum asam sitrat dengan penambahan starter *A.niger* dan urea untuk menghasilkan inokulum asam sitrat yang berkualitas dan layak diproduksi ?

1.3 Hipotesis

Diduga bahwa inokulum asam sitrat dapat dibuat dari bahan baku kulit ubi kayu dan adanya pengaruh penambahan starter *A. niger* dan urea terhadap kualitas inokulum asam sitrat yang dihasilkan, serta layak untuk diproduksi dalam industri skala kecil.

1.4 Tujuan

1.4.1 Tujuan Umum

Tujuan umum dari penelitian ini adalah untuk memanfaatkan limbah padat kulit ubi kayu sebagai bahan baku inokulum asam sitrat sehingga dapat meningkatkan nilai ekonomis dari limbah tersebut.

1.4.2 Tujuan Khusus

Tujuan khusus dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui pengaruh penambahan starter *Aspergillus niger* dan urea untuk menghasilkan inokulum asam sitrat yang berkualitas dan layak diproduksi.
2. Mengetahui perancangan proses produksi inokulum asam sitrat dari kulit ubi kayu.

1.5 Manfaat

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan tambahan informasi tentang produk inokulum asam sitrat dan memberikan peluang kepada pihak-pihak yang berminat terhadap produksi inokulum asam sitrat dalam skala industri kecil di Indonesia.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Inokulum

Inokulum merupakan produk yang mengandung spora-spora mikroorganisme yang telah dinonaktifkan. Inokulum dipengaruhi oleh kondisi media karena spora yang telah mengalami dormansi tidak langsung tumbuh dan memerlukan waktu adaptasi. Inokulum juga disebut starter yaitu sejumlah komponen hidup yang diberikan untuk menjadi mikroba perombakan suatu bahan dalam proses fermentasi dan sebagainya (Rahman, 1992).

Menurut Wibowo (1990), inokulum yang digunakan dalam fermentasi harus memenuhi kriteria :

1. Kultur mikroorganisme harus dalam keadaan aktif, sehat sehingga fase lag dalam proses fermentasi seminimal mungkin.
2. Harus tersedia dalam jumlah yang memadai untuk mencapai proporsi inokulasi dan media fermentasi yang optimal.
3. Harus terbebas dari kontaminan.
4. Kemampuan untuk membentuk produk tetap stabil.

Menurut Kumalaningsih dan Hidayat (1995), mikroba yang penting dalam fermentasi dapat ditambahkan sebagai kultur murni atau sebagai kultur campuran. Campuran kultur murni dapat dibuat dengan dengan penambahan bersama-sama secara kontinyu atau menumbuhkan secara terpisah dan dicampur pada saat digunakan. Jika strain yang berbeda pada spesies yang sama atau spesies yang

berbeda ditumbuhkan bersama-sama, maka mikroba tersebut harus dapat tumbuh bersama tanpa ada yang saling menghambat.

Pada tahap perkembangbiakan inokulum yang diutamakan bukanlah pembentukan produknya tetapi yang diinginkan adalah sejumlah sel yang tinggi dan aktif dalam kemampuannya membentuk produk yang diinginkan. Berdasarkan hal ini dimungkinkan bahwa komposisi media untuk mengembangkan inokulum berbeda dengan media fermentasinya. Aspek lainnya adalah persiapan inokulum agar fase adaptasi dalam media fermentasinya seminimal mungkin, agar proses fermentasinya berlangsung lebih cepat (Wibowo, 1990).

Pada umumnya penting untuk mengoptimalkan kepadatan inokulum pada fermentasi media padat. Inokulum dengan kepadatan yang rendah tidak akan menghasilkan biomassa yang cukup, sebaliknya kepadatan yang relatif tinggi akan menghasilkan biomassa yang terlalu banyak dan akan cepat menghabiskan nutrisi pertumbuhan kapang yang penting untuk pembentukan produk. Jumlah inokulum suatu fermentasi berbeda-beda sehingga cara membuat inokulum berbeda-beda untuk menyesuaikan medianya. Misalnya pada skala laboratorium umumnya inokulum dipersiapkan dengan menginokulasikan pada media agar miring. Spora dari kultur murni diinokulasikan pada media agar miring dan dipanen dengan menambahkan 3-5 ml aquades kemudian secara aseptis spora tersebut dilepaskan dari permukaan agar miring dan menggores atau menggojog agar miring (Rahmana, 1992).

2.2 Inokulum Asam sitrat

Tjokroadikoesoemo (1993), mengatakan bahwa inokulum yang banyak digunakan dalam fermentasi asam sitrat adalah biakan murni dari *Aspergillus niger*, *Aspergillus fumaricus*, *Aspergillus Jopanicus* atau *Aspergillus wenti*. Biakan murni *Aspergillus niger* memiliki kemampuan produksi paling baik dalam fermentasi asam sitrat.

Selain dari biakan murni, inokulum asam sitrat juga dapat berupa inokulum kering (tepung). Inokulum kering ini dapat dibuat dari bahan-bahan organik seperti ampas tapioka, kulit ubi kayu dan lain sebagainya. Bahan-bahan tersebut memiliki kandungan air, nitrogen, karbohidrat, mineral dan vitamin yang dibutuhkan oleh mikroorganisme *Aspergillus niger*. Adanya unsur karbon yang tersedia didukung oleh pH awal yang sesuai sangat bermanfaat untuk akumulasi asam sitrat (Posponegoro dan Liang, 1991).

2.3 *Aspergillus niger*

Aspergillus niger merupakan salah satu spesies yang paling umum dan mudah diidentifikasi dari genus *Aspergillus*, famili *Moniliaceae*, ordo *Monoliales* dan kelas *Fungi imperfecti*. *Aspergillus niger* dapat tumbuh dengan cepat, diantaranya digunakan secara komersial dalam produksi asam sitrat, asam glukonat dan pembuatan berupa enzim seperti amilase, pektinase, amiloglukosidase dan selulase. *Aspergillus niger* dapat tumbuh pada suhu 35°C-37°C (optimum), 6°C-8°C (minimum), 45°C-47°C (maksimum) dan memerlukan oksigen yang cukup (aerobik). *Aspergillus niger* memiliki bulu

dasar berwarna putih atau kuning dengan lapisan konidiospora tebal berwarna coklat gelap sampai hitam. Kepala konidia berwarna hitam, bulat, cenderung memisah menjadi bagian-bagian yang lebih longgar dengan bertambahnya umur. Konidiospora memiliki dinding yang halus, hialin tetapi juga berwarna coklat (Samson *et.al.*, 1996).

Menurut Suriawira (1986), *Aspergillus niger* memerlukan mineral $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, KH_2PO_4 , MgSO_4 , urea, $\text{CaCl}_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, FeSO_4 , $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ untuk menghasilkan enzim selulase. Sedangkan untuk enzim amilase khususnya amiglukosa diperlukan $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, $\text{KH}_2\text{PO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{Zn SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Bahan organik dengan kandungan nitrogen tinggi dapat dikomposisi lebih cepat dari pada bahan organik yang rendah kandungan nitrogennya pada tahap awal dekomposisi. Tahap selanjutnya bahan organik yang rendah kandungan nitrogennya dapat dikomposisi lebih cepat daripada bahan organik dengan kandungan nitrogen tinggi (Miller *et.al.*, 1993). Natsir dan Djunaidi (2001), juga menjelaskan penurunan bahan organik sebagai sumber karbon dan nitrogen disebabkan oleh *Aspergillus niger* sebagai sumber energinya untuk bahan penunjang pertumbuhan atau *Growth factor*.

Aspergillus niger dalam pertumbuhannya berhubungan langsung dengan zat makanan yang terdapat dalam substrat, molekul sederhana yang terdapat disekeliling hifa dapat langsung diserap sedangkan molekul yang lebih kompleks harus dipecah dahulu sebelum diserap ke dalam sel, dengan menghasilkan beberapa enzim ekstra seluler. Bahan organik dari substrat digunakan oleh

Aspergillus niger untuk aktivitas transport molekul, pemeliharaan struktur sel dan mobilitas sel (Rahman, 1992).

2.4 Asam Sitrat

Asam sitrat tersebar luas sebagai bahan penyusun rasa dari berbagai macam buah-buahan seperti jeruk, nanas dan pisang, sedangkan untuk memproduksi asam sitrat dalam skala besar atau pabrik dapat digunakan bahan baku sukrosa dan dekstroza. Pembentukan asam sitrat di dalam fermentasi larutan gula ini didasarkan pada teori bahwa asam piruvat yang terbentuk dari glukosa dapat menghasilkan asetil SCoA yang dalam kondensasi dengan asam oksaloasetat menghasilkan asam sitrat (siklus krebs) (Tjokroadikoesoemo, 1993).

Asam sitrat dapat diproduksi dengan cara fermentasi dan ekstraksi. Pemilihan media fermentasi yang tepat adalah faktor penting dalam memproduksi asam sitrat. Faktor-faktor yang menentukan persiapan media adalah starter yang diberikan, gula, pH, nishah luas permukaan terhadap volume, ketersediaan oksigen, suhu media dan kandungan garam organik. Garam organik yang biasa ditambahkan ke dalam media adalah $(\text{NH}_4)_2\text{NO}_3$, KH_2PO_4 dan MgSO_4 (Said, 1987).

Efektifitas produksi asam sitrat dapat diketahui berdasarkan jumlah asam sitrat yang dihasilkan dari sejumlah substrat yang digunakan dan berdasarkan tingkat produktifitasnya. Parameter yang mempengaruhi tingkat efisiensi adalah mikroorganisme, sumber karbon yang umumnya memiliki konsentrasi gula yang

tinggi sehingga hasilnya maksimal, sumber garam organik, pH 2,2 atau kurang, suhu optimum pada 25°C -35°C dan ketersediaan oksigen (Payout.*et.al.*, 1999).

Menurut Maga and Thu (1995), asam sitrat digunakan sebagai asidulan pertama dalam minuman terkarbonasi memberikan rasa jeruk yang tajam. Mohrle (1989), mengatakan asam sitrat sering dipergunakan sebagai sumber asam dalam pembuatan serbuk atau tablet *effervescent* karena memiliki kelarutan yang tinggi dalam air dingin, mudah didapat dalam bentuk granula atau serbuk. Terbentuknya granula ini disebabkan oleh adanya satu mol air kristal pada setiap molekul asam sitrat. Penggunaan asam sitrat dalam produk *effervescent* umumnya dikombinasikan dengan asam lain, karena penggunaan asam sitrat sebagai asam tunggal saja akan menghasilkan campuran yang lekat dan sukar menjadi granula yang disebabkan karena sifatnya yang kurang higroskopis (Ansel, 1989).

2.7 Medium Pertumbuhan Mikroba

Medium adalah suatu bahan yang terdiri atas campuran nutrisi yang dipakai untuk menumbuhkan mikroba. Selain itu medium dapat pula digunakan untuk isolasi, memperbanyak, pengujian sifat-sifat fisiologi dan perhitungan jumlah mikroba (Kumalaningsih dan Hidayat, 1995).

Menurut Wibowo (1990), syarat-syarat medium agar mikroba dapat tumbuh dengan baik adalah :

- Mengandung semua nutrisi yang mudah digunakan oleh mikroba.
- Medium harus steril.

- Medium harus memiliki pH yang sesuai.
- Medium tidak mengandung zat-zat penghambat.

Wibowo (1990), menambahkan bahwa unsur-unsur yang diperlukan agar mikroba dapat tumbuh dengan baik dalam medium adalah :

1. Air

Air merupakan komponen utama medium fermentasi. Air dapat mengatur kelembaban medium fermentasi. Penggunaan air juga berfungsi untuk deionisasi serta pengaturan pH mineral medium .

2. Karbon

Sumber karbon digunakan untuk menghasilkan energi. Jenis sumber karbon yang digunakan tergantung dari jenis mikroba dan terutama mengandung gula. Contoh sumber karbon yang sering digunakan dalam medium pertumbuhan mikroba adalah serelia, malt, gula, tebu tetes, whey, glukosa, laktosa dan molase.

3. Nitrogen

Sumber nitrogen yang digunakan pada medium sangat ditentukan oleh jenis mikroba dan produk yang diharapkan. Nitrogen dapat diberikan dalam bentuk sesama organik seperti protein, urea dan asam amino atau dalam bentuk senyawa organik seperti gas amonium dan garam nitrat.

4. Mineral

Sumber mineral penting yang harus ada dalam medium pertumbuhan mikroba adalah phosphor magnesium, sulfur, kalsium dan klorin. Mineral-

mineral tersebut ada yang terdapat secara alami pada bahan dan ada yang ditambahkan.

5. Vitamin

Kebanyakan sumber nitrogen yang digunakan dalam medium sudah mengandung vitamin yang bisa dibutuhkan bagi sel mikroba. Tetapi ada kemungkinan yang dibutuhkan oleh sel mikroba tidak tersedia secara alami sehingga harus ditambahkan secara khusus seperti penambahan biotin pada produk asam glutamat.

2.6 Kulit Ubi Kayu

Kulit ubi kayu merupakan limbah dari mata rantai proses produksi pembuatan tapioka, industri fermentasi dan industri makanan. Kulit ubi kayu berasal dari proses pengupasan bahan baku ubi kayu dari kulitnya. Selain kulit ubi kayu, limbah yang banyak dihasilkan dari industri dengan bahan baku kulit ubi kayu adalah limbah padat yang berupa ampas yang sebagian besar berupa serat dan pati. Limbah padat ini dapat dimanfaatkan sebagai makanan ternak, pupuk dan limbah cairnya dapat digunakan sebagai bahan baku *nata de cassava* (Anonymous, 2003).

Limbah ubi kayu mempunyai energi yang tinggi dan kandungan nutrisi tersedia dalam jumlah yang memadai. Hal ini dapat dilihat dalam Tabel 1.

Tabel 1. Kandungan Energi dan Nutrisi Dalam Limbah Ubi Kayu

Bahan	Bahan Basah	Protein	TDN	Serat Kasar	Lemak	Ca	P
Daun	23.53	21.45	61.00	25.71	9.72	0.72	0.59
Kulit	17.45	8.11	74.43	15.20	1.29	0.63	0.22
Onggok	85.50	1.51	82.46	2.25	1.03	0.47	0.01

Sumber : Sudaryanto dan Ellyda (1989).

Menurut Rukmana (1997), limbah kulit ubi kayu dapat dimanfaatkan sebagai bahan pencampur pakan ternak dan pupuk. Proses pelayuan dan pengeringan kulit ubi kayu dapat mengurangi dan menghilangkan HCN dan memperpanjang daya simpan.

2.7 Urea

Ketersediaan unsur N akan sangat mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme pada proses fermentasi (Suriawira, 1986). Misalnya pada penelitian Sarquis *et al.* (2004), untuk produksi *L- asparaginase* dari jamur *Aspergillus tamiri* dan *Aspergillus terreus*. Penelitian ini menggunakan beberapa sumber nitrogen sebagai media pertumbuhan kedua mikroorganisme tersebut yaitu asparagin 1%; urea 0,2%; proline; 0,2 % dan 2 %; serta glutame 0,1%, 0,25% dan 2 %. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah kedua mikroorganisme tersebut dapat tumbuh dengan baik serta mampu memproduksi *L- asparaginase*.

Urea sebagai salah satu sumber nitrogen berbentuk butiran kecil putih, tidak berdebu dan mempunyai kadar air maksimal 0,5 %. Urea dalam bentuk murninya mengandung 47%-48% nitrogen. Urea sering digunakan sebagai bahan dalam pembuatan cat, lem plastik, tekstil atau pupuk. Urea telah berhasil menggantikan ammonium nitrat karena nilai produksinya lebih ekonomis,

kandungan nutrisi yang lebih tinggi serta tidak banyak menghasilkan polusi selama proses pembentukannya (Lingga dan Marsono, 2002).

Urea bersifat higroskopis (mudah menarik uap air). Pada kelembaban 73% urea sebagai pupuk sudah mampu menarik uap air dari udara karena itu urea mudah larut dalam air dan akan mudah larut dalam tanaman (Lingga dan Marsono, 2002).

2.8 Perancangan Proses Produksi

Proses perencanaan merupakan suatu rangkaian urutan pekerjaan yang panjang, terdiri dari bagian-bagian pekerjaan yang berhubungan satu sama lain. Semua bagian tersebut disusun sedemikian rupa sehingga apabila terjadi perubahan pada suatu bagian maka pada bagian lain akan terpengaruh olehnya sedangkan proses perancangan merupakan salah satu bagian dari perencanaan yang menyeluruh yang merupakan gabungan proses kecil yang saling terkait. Data yang diperoleh dianggap sebagai umpan balik, lalu diproses dalam perencanaan yang dalam perancangan disebut analisa yang hasilnya adalah umpan keluar berupa rancangan (Irsyad, dkk, 1985).

Perancangan terdiri dari kegiatan berurutan karena itu perancangan disebut sebagai proses yang mencakup seluruh kegiatan dalam perancangan tersebut. Fase-fase dalam proses perancangan dapat dikelompokkan dalam dua sub proses yaitu sintesis dan analisis. Proses ini diantaranya terdiri dari fase indentifikasi kebutuhan formulasi persyaratan perancangan yang sesuai dan perancangan

konsep produk yang dari segi kompleksitasnya dapat berupa pabrik, peralatan atau mesin, modul dan komponen tunggal (Harsokusoemo, 2000)

Perancangan sistem operasi terbagi dalam dua kategori utama yaitu perancangan sistem (fasilitas, peralatan metode kerja, dan lain-lain) yang akan memproduksi barang atau menyediakan jasa secara menguntungkan dan perancangan bagaimana sistem akan dijalankan (perencanaan dan pengendalian operasi). Kedua kategori ini saling berhubungan. Perancangan sistem akan mempengaruhi bagaimana cara terbaik untuk menjalankan sistem dan cara sistem itu dijalankan tentu berpengaruh pada bagaimana seharusnya sistem tersebut dirancang (Dilworth, 1993). Sedangkan menurut Sudarsono (2002), mengemukakan bahwa perancangan sistem operasi meliputi penyeleksian produk dengan rancangan produk, penyeleksian peralatan dan proses, perancangan kegiatan operasi, perancangan tugas, penentuan lokasi dan penyusunan tata letak peralatan. Perancangan dan pengendalian operasi meliputi pengendalian persediaan dan proses operasi, pemeliharaan peralatan dan perawatan mesin, pengendalian bahan baku, tenaga kerja dan pengendalian biaya dan perbaikan. Perancangan kegiatan operasi memerlukan kerangka keputusan yang mencakup proses, kapasitas, persediaan tenaga kerja dan kualitas.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober 2005 sampai dengan Mei 2006. Tempat penelitian di Laboratorium Bioindustri dan Pengelolaan Limbah Jurusan Teknologi Industri Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya Malang.

3.2 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah bak fermentasi, mesin penggiling, pisau, blender, sheeler, kompor, jarum ose, Cawan Petri, tabung autoklaf, Bunsen, pipet volume, pengering kabinet, saringan 150 *mesh*, timbangan, timbangan analitik dan *Erlenmeyer*.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah biakan murni *A.niger* dan urea sebagai bahan yang ditambahkan dalam inokulum, PDA (*Potato Dextrose Agar*) sebagai media kultur murni *A.niger*, beras sebagai bahan pembuat starter, kulit ubi kayu sebagai bahan baku inokulum, air untuk mengatur kelembaban dan glukosa sebagai bahan tambahan dalam fermentasi asam sitrat.

3.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah bahan baku yang digunakan adalah semua jenis kulit ubi kayu dengan ketersediaan sepanjang waktu. Analisis

yang dilakukan adalah analisis kualitas inokulum dan perancangan proses produksi dilakukan dalam industri skala kecil.

3.4 Metode Percobaan

Metode percobaan yang digunakan adalah metode eksperimental dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) secara faktorial yang dibagi menjadi dua faktor yaitu faktor A yang terdiri dari 3 level dan faktor B yang terdiri dari 3 level.

- Faktor A adalah penambahan starter *Aspergillus niger* yang terdiri dari 3 level, yaitu :
 - A₁. 1 % dari total bahan (b/b)
 - A₂. 3 % dari total bahan (b/b)
 - A₃. 5 % dari total bahan (b/b)
- Faktor B adalah konsentrasi urea yang terdiri dari 3 level, yaitu :
 - B₁. 0,25 % dari total bahan (b/b)
 - B₂. 0,5 % dari total bahan (b/b)
 - B₃. 0,75 % dari total bahan (b/b)

Dari kedua faktor tersebut dapat diperoleh 9 kombinasi perlakuan yang masing-masing diulang 3 kali sehingga diperoleh 27 satuan percobaan. Kombinasi perlakuan tersebut adalah sebagai berikut :

1. A₁B₁ : 1 % starter *Aspergillus niger* (b/b) dan 0,25 % urea (b/b)
2. A₁B₂ : 1 % starter *Aspergillus niger* (b/b) dan 0,5 % urea (b/b)
3. A₁B₃ : 1 % starter *Aspergillus niger* (b/b) dan 0,75 % urea (b/b)
4. A₂B₁ : 3 % starter *Aspergillus niger* (b/b) dan 0,25 % urea (b/b)

5. A₂B₂: 3 % starter *Aspergillus niger* (b/b) dan 0,5 % urea (b/b)
6. A₂B₃: 3 % starter *Aspergillus niger* (b/b) dan 0,75 % urea (b/b)
7. A₃B₁: 5 % starter *Aspergillus niger* (b/b) dan 0,25 % urea (b/b)
8. A₃B₂: 5 % starter *Aspergillus niger* (b/b) dan 0,5 % urea (b/b)
9. A₃B₃: 5 % starter *Aspergillus niger* (b/b) dan 0,75 % urea (b/b)

3.5 Alur Pelaksanaan Penelitian

Beberapa tahapan yang dilakukan dalam pelaksanaan penelitian ini adalah seperti berikut :

1. Rumusan Masalah

Sebagai langkah awal dalam penelitian ini adalah menentukan permasalahan yang akan dijadikan sebagai tema penelitian. Permasalahan dalam penelitian ini adalah bagaimana proses produksi inokulum asam sitrat dari kulit ubi kayu dan mengetahui pengaruh penambahan starter *Aspergillus niger* dan urea untuk menghasilkan inokulum asam sitrat yang berkualitas dan layak diproduksi.

2. Studi Pustaka

Setelah menentukan masalah, langkah selanjutnya adalah mengumpulkan literatur untuk mendukung dan menambah informasi. Literatur didapatkan dari buku, jurnal, dan laporan penelitian.

3. Penelitian Pendahuluan

Berdasarkan literatur yang diperoleh, *A. niger* dalam medium yang sesuai seperti pada kulit ubi kayu dapat digunakan sebagai mikroba yang ditambahkan dalam fermentasi asam sitrat. Sehingga hal ini dapat digunakan sebagai acuan dalam melakukan penelitian pendahuluan.

4. Penentuan Hipotesis

Data yang telah diperoleh diuji keragamannya dengan menggunakan analisis ragam RAK mengetahui sampai sejauh mana keragaman perlakuan dalam memberikan respon dan sekaligus untuk memutuskan diterima atau ditolaknya Hipotesis H_0 (ada atau tidak ada beda nyata antar pengaruh perlakuan).

5. Penentuan Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah rancangan Acak Kelompok (RAK) secara faktorial.

6. Pengumpulan Data Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukan berdasarkan Rancangan Percobaan yang ditetapkan kemudian didapatkan data hasil penelitian.

7. Analisis Ragam

Data yang diperoleh dari hasil penelitian kemudian dilakukan analisa ragam (RAK) untuk menguji hipotesis.

8. Penentuan Alternatif Terbaik

Penentuan alternatif terbaik dilakukan apabila uji statistik yang digunakan dalam melakukan penelitian tidak dapat menentukan hasil perlakuan terbaik. Metode penentuan alternatif terbaik menggunakan *Metode Multiple Atribut*.

9. Perancangan Proses Produksi

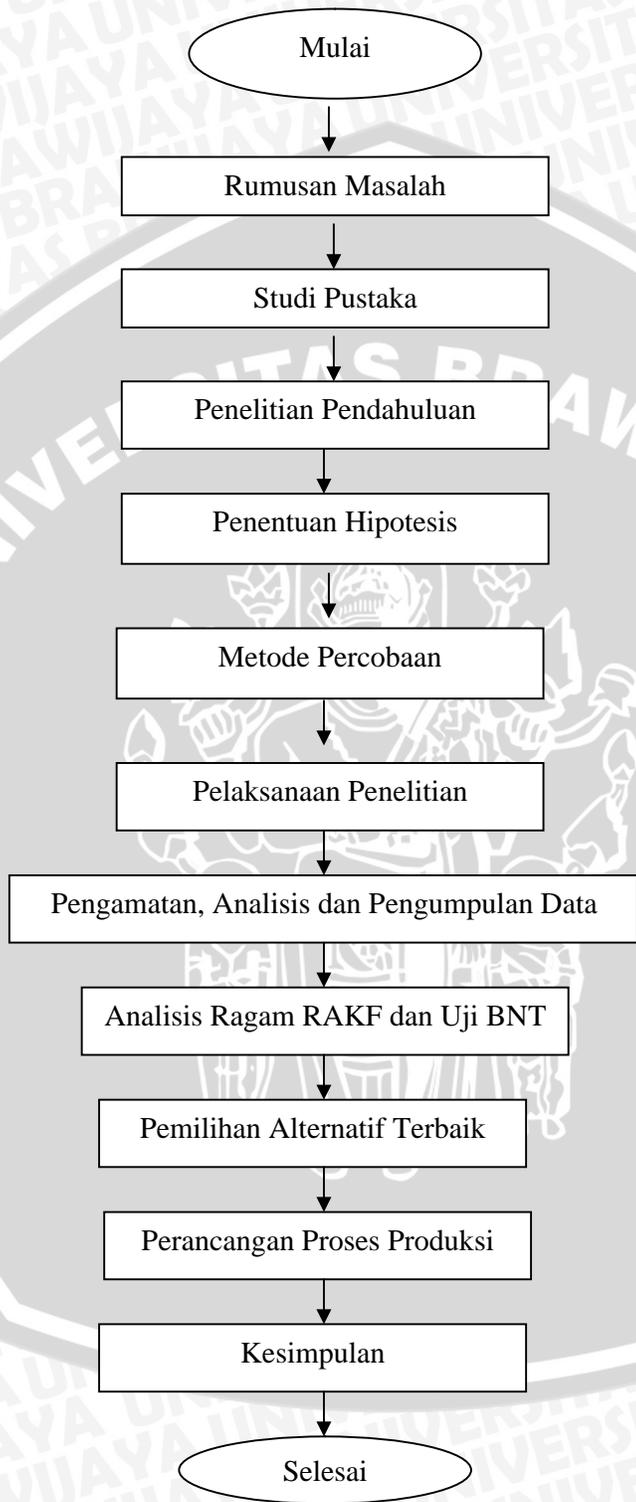
Perancangan proses produksi dilakukan terhadap hasil dari perlakuan terbaik. Perancangan proses produksi dilakukan dalam industri inokulum skala kecil.

10. Kesimpulan

Kesimpulan didapatkan setelah melakukan analisis dan penentuan alternatif terbaik.

Alur pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada Gambar 1 berikut :





Gambar 1. Alur Pelaksanaan Penelitian

3.6 Pelaksanaan Penelitian

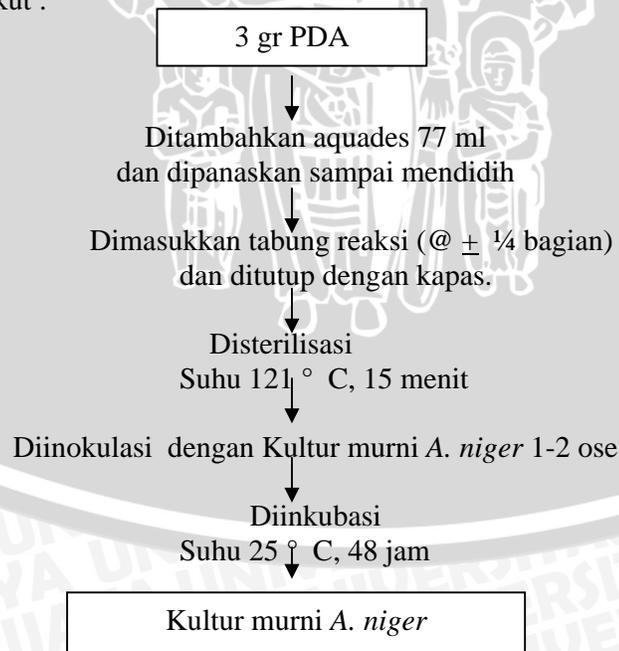
Pelaksanaan penelitian ini meliputi beberapa tahapan yaitu :

1. Peremajaan kultur murni *Aspergillus niger*

- 3 g PDA (*Potato Dextrose Agar*) dicampur dengan 77 ml aquades.
- Dipanaskan dan diaduk sampai mendidih, kemudian dihilangkan uap panasnya.
- Dimasukkan ke dalam tabung reaksi sampai $\pm \frac{1}{4}$ bagian, dan ditutup dengan kapas.
- Disterilisasi dalam tabung autoclaf pada suhu 121°C selama 15 menit.
- Diinokulasi dengan kultur murni *Aspergillus niger* 1- 2 ose.
- Diinkubasi dan diletakkan dalam tatanan plastik dalam kondisi miring.

Diagram Alir pembuatan stok kultur *Aspergillus niger* seperti pada

Gambar 2 berikut :



Gambar 2. Diagram Alir Peremajaan Kultur kurni *Aspergillus niger*

2. Pembuatan starter *Aspergillus niger*.

- 3 Kg beras dicuci dengan air sampai bersih dan direbus.
- Dimasukkan dalam cawan petri dan dibungkus dengan kertas payung
- Disterilkan dengan suhu 121°C selama 15 menit dan diangin-anginkan
- Diinokulasi dengan kultur murni *Aspergillus niger* 1- 2 ose
- Diinkubasi pada suhu 25° C selama 48 jam.
- Dikeringkan pada pengering kabinet suhu 45° C -48 ° C selama 48 jam
- Dihaluskan dengan Blender

Diagram alir pembuatan starter *A. niger* seperti pada Gambar 3 berikut:





Gambar 3. Diagram Alir Pembuatan Starter *Aspergillus niger*

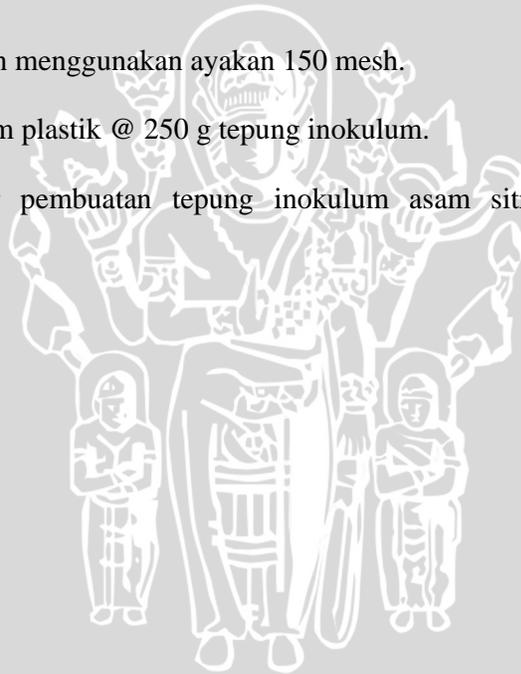
3. Pembuatan inokulum asam sitrat

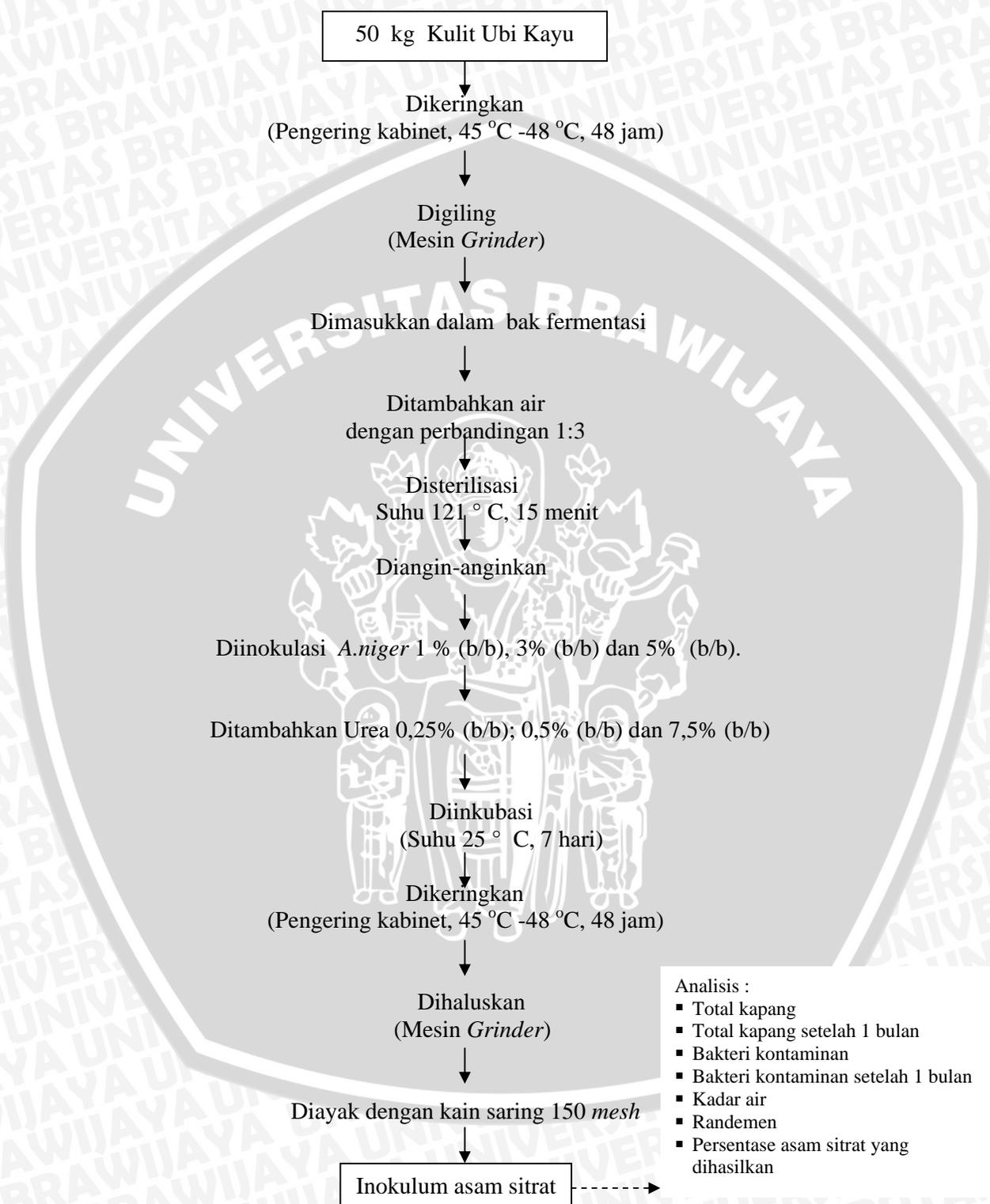
- 50 Kg kulit ubi kayu dikeringkan pada pengering kabinet kemudian digiling agar memiliki luas permukaan yang besar
- Ditambahkan air untuk menambah kelembaban dengan perbandingan 1: 3

- Disterilkan pada tabung *autoclaf* pada suhu 121° C selama 15 menit dan dibiarkan sampai dingin.
- Diinokulasi dengan starter *Aspergillus niger* 1 % (b/b), 3% (b/b) dan 5% (b/b).
- Ditambahkan urea 0,25% (b/b); 0,5% (b/b) dan 7,5% (b/b) .
- Diinkubasi pada suhu 25° C selama 48 jam.
- Dikeringkan pada pengering kabinet dan dihaluskan dengan menggunakan blender
- Diayak dengan menggunakan ayakan 150 mesh.
- Dikemas dalam plastik @ 250 g tepung inokulum.

Diagram Alir pembuatan tepung inokulum asam sitrat seperti pada

Gambar 4 berikut:





- Analisis :
- Total kapang
 - Total kapang setelah 1 bulan
 - Bakteri kontaminan
 - Bakteri kontaminan setelah 1 bulan
 - Kadar air
 - Randemen
 - Persentase asam sitrat yang dihasilkan

Gambar 4. Diagram Alir Pembuatan Inokulum Asam Sitrat

3.7 Metode Analisis

3.7.1 Analisis Kualitas

Analisis yang dilakukan pada penelitian ini yaitu analisis kualitas terhadap tepung inokulum asam sitrat yang dihasilkan, meliputi :

- Analisis total kapang inokulum dengan Metode *Plate Count* (Sudarmadji dkk, 1997).
- Analisis penurunan total kapang inokulum setelah satu bulan dengan Metode *Plate Count* (Sudarmadji dkk, 1997).
- Analisis bakteri kontaminan dengan Metode *Plate Count* (Sudarmadji dkk, 1997).
- Analisis penurunan bakteri kontaminan setelah satu bulan dengan Metode *Plate Count* (Sudarmadji dkk, 1997).
- Analisis kadar air (Sudarmadji dkk, 1997).
- Analisis rendemen yang dihasilkan (AOAC, 1980 dalam Sudarmadji dkk, 1997).
- Analisis total asam sitrat yang dihasilkan dengan melakukan fermentasi dengan bahan baku onggok (Ranggana, 1987).

2.7.2 Analisis Data

Analisis ragam RAK (ANOVA) dilakukan terhadap data hasil pengamatan terhadap total kapang, persentase penurunan total kapang setelah satu bulan, bakteri kontaminan, persentase penurunan bakteri kontaminan setelah satu bulan, kadar air, randemen dan total asam yang dihasilkan dari fermentasi asam sitrat. Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui apakah faktor yang dikaji

(penambahan starter *Aspergillus niger* dan Urea) memberikan pengaruh nyata terhadap variabel-variabel tersebut dan sekaligus untuk memutuskan diterima atau tidaknya hipotesis H_0 (tidak ada pengaruh perlakuan terhadap kualitas tepung inokulum asam sitrat). Selanjutnya dilakukan pengujian untuk mencari perlakuan yang berbeda dengan menggunakan uji Jarak Duncan 5%.

3.8 Penentuan Alternatif Terbaik

Penentuan alternatif terbaik dilakukan apabila uji statistik yang digunakan dalam melakukan penelitian tidak dapat menentukan hasil perlakuan terbaik. Metode penentuan alternatif terbaik menggunakan *Metode Multiple Atribut*

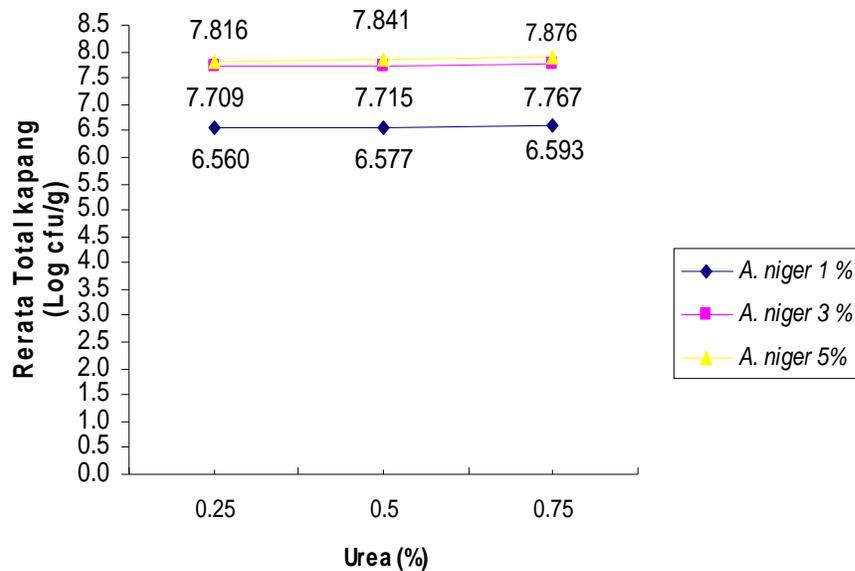
3.9 Perancangan Proses Produksi

Perancangan proses produksi dilakukan terhadap hasil dari perlakuan terbaik. Perencanaan produksi yang dilakukan adalah dalam skala industri kecil dengan menentukan bahan baku dan bahan pembantu, kapasitas produksi, peralatan yang digunakan, tata letak fasilitas dan peta proses operasi.

VI. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Total Kapang Inokulum

Rerata total kapang yang terdapat dalam inokulum asam sitrat berkisar antara $3,631 \times 10^6$ cfu/g (6,560 log cfu/g) sampai dengan $7,516 \times 10^7$ cfu/g (7,876 log cfu/g). Rerata total kapang tertinggi diperoleh dari perlakuan A₃B₃ (5% starter *Aspergillus niger* (b/b) dan 0,75% urea (b/b)), sedangkan rerata total kapang terendah diperoleh dari perlakuan A₁B₁ (1% starter *Aspergillus niger* (b/b) dan 0,25% urea (b/b)). Grafik rerata total kapang inokulum asam sitrat secara lengkap dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Rerata Total Kapang Inokulum Asam Sitrat

Hasil analisis ragam terhadap total kapang inokulum asam sitrat (Lampiran 2) menunjukkan bahwa interaksi antar faktor A (starter *Aspergillus niger*) dan

faktor B (konsentrasi urea) tidak berbeda nyata atau tidak terdapat interaksi yang nyata antara penambahan starter *Aspergillus niger* dan konsentrasi urea terhadap total kapang inokulum yang dihasilkan. Faktor perlakuan penambahan starter *Aspergillus niger* memberikan pengaruh yang sangat nyata, sedangkan perlakuan penambahan konsentrasi urea tidak menunjukkan adanya pengaruh terhadap total kapang tepung inokulum asam sitrat yang dihasilkan.

Tabel 2. Rerata Total Kapang Inokulum Asam Sitrat Berdasarkan Penambahan Starter *Aspergillus niger*.

Starter <i>A.niger</i> (%)	Rerata Total Kapang (Log cfu/g)	Notasi
1	7,362	a
3	7,498	b
5	7,844	c

Keterangan : Rerata dengan notasi yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata (a=5%).

Tabel 2 di atas menunjukkan bahwa penambahan starter *Aspergillus niger* sebesar 5% akan menghasilkan total kapang tertinggi yaitu sebesar $6,982 \times 10^7$ cfu/g (7,844 log cfu/g), total kapang terendah didapatkan pada penambahan starter *Aspergillus niger* sebesar 1% yang menghasilkan total kapang sebesar $3,776 \times 10^7$ cfu/g (6,577 log cfu/g). Sedangkan penambahan starter *Aspergillus niger* 3% menghasilkan rerata total kapang sebesar $5,370 \times 10^7$ cfu/g (7,730 log cfu/g).

Kenaikan penambahan starter *Aspergillus niger* akan meningkatkan total kapang yang dihasilkan, hal ini dikarenakan total kapang lebih banyak akan memepersingkat fase adaptasi kapang *Aspergillus niger* yang mengakibatkan pertumbuhan kapang akan semakin singkat sehingga total kapang yang dihasilkan pada waktu yang sama akan menjadi lebih banyak.

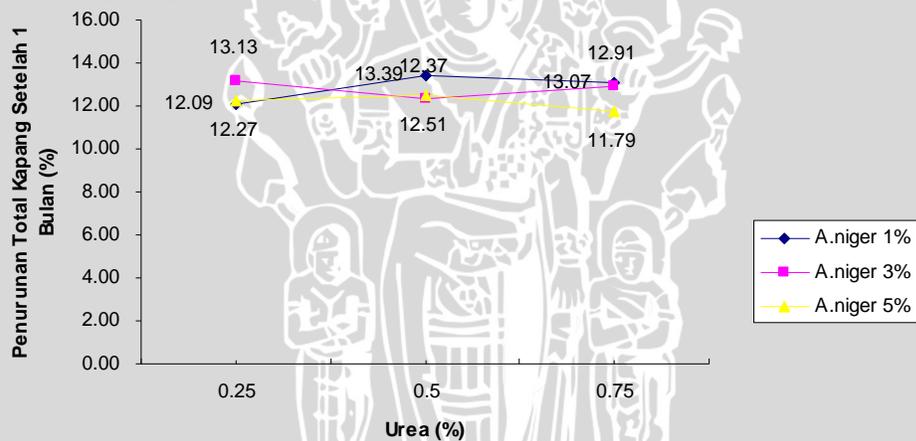
Menurut Judoamidjojo (1989), menyatakan bahwa dalam proses fermentasi menggunakan mikroba *Aspergillus niger* akan selalu berkaitan erat dengan suatu metode fase pertumbuhan mulai dari fase adaptasi (*lag phase*), fase pertumbuhan eksponensial (*log phase*), fase pertumbuhan tetap (*stationary phase*) dan berakhir pada fase kematian (*death phase*) mikroba yang diakibatkan karena keragaman individu yang semakin nyata selama fase pertumbuhan tetap dan merupakan hubungan antar waktu dengan logaritma sel yang terbentuk. Faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan mikroba adalah waktu generasi. Faktor instrinsik (pH, aktivitas air, kemampuan mengoksidasi-reduksi, kandungan nutrisi, bahan anti kontaminan dan struktur bahan makanan, faktor ekstrinsik (suhu penyimpanan, pengaruh sinar ultra violet) dan faktor proses (Yudhabuntara, 2005)

Faktor penambahan urea tidak memberikan pengaruh terhadap total kapang tepung inokulum asam sitrat yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan bahan organik dalam substrat telah mencukupi kebutuhan untuk pertumbuhan kapang *A.niger*. Rahman (1992), menyatakan bahwa unsur N dari substrat digunakan *A.niger* untuk aktivitas transfer molekul, pemeliharaan struktur sel dan mobilitas sel.

Hasil pengamatan total kapang inokulum asam sitrat menunjukkan bahwa penambahan starter *Aspergillus niger* di atas 5% dan konsentrasi urea 0,75% layak untuk digunakan sebagai inokulum asam sitrat karena memiliki total kapang terbesar.

4.2 Penurunan Total Kapang Setelah Satu Bulan

Total kapang inokulum asam sitrat akan mengalami penurunan tiap waktu. Rerata penurunan total kapang setelah satu bulan yang terdapat dalam inokulum asam sitrat ini berkisar antara 11,79% sampai dengan 13,39%. Rerata persentase penurunan total kapang setelah satu bulan yang terendah diperoleh dari perlakuan A₃B₃ (5% starter *Aspergillus niger* (b/b) dan 0,75% urea (b/b)), sedangkan rerata penurunan total kapang hidup setelah satu bulan yang tertinggi diperoleh dari konsentrasi A₁B₂ (1% starter *Aspergillus niger* (b/b) dan 0,50% urea (b/b)). Grafik rerata penurunan total kapang hidup setelah satu bulan secara lengkap dapat dilihat pada pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik Rerata Penurunan Total Kapang Setelah 1 Bulan

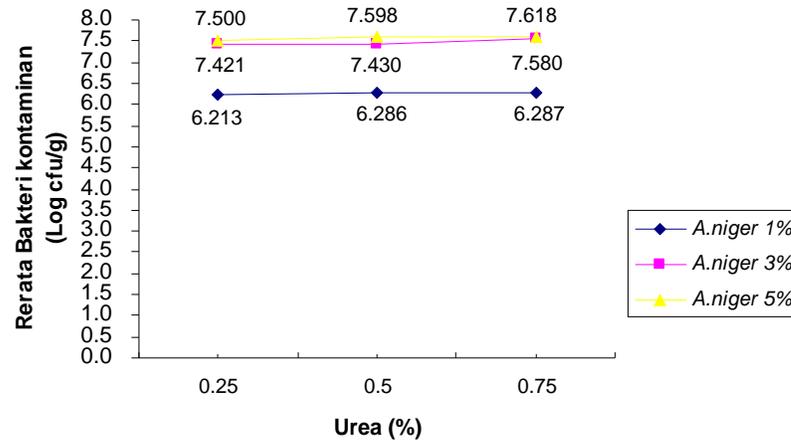
Hasil analisis ragam terhadap penurunan total kapang setelah satu bulan (Lampiran 3) menunjukkan bahwa interaksi antar faktor A (starter *Aspergillus niger*) dan faktor B (konsentrasi urea) tidak berbeda nyata atau tidak terdapat interaksi yang nyata antara penambahan starter *Aspergillus niger* dan urea terhadap penurunan total kapang setelah satu bulan. Faktor perlakuan penambahan

starter *Aspergillus niger* dan konsentrasi urea tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap penurunan total kapang setelah satu bulan.

Rusmin dan Ko (1976), dalam Shurleff dan Ayogi (1979), mengatakan bahwa faktor yang berpengaruh terhadap penurunan total kapang hidup setelah satu bulan adalah suhu lingkungan, kelembaban dan cara penyimpanan. Jumlah spora hidup akan mengalami penurunan yang relatif rendah pada minggu awal jika disimpan dalam plastik tertutup pada suhu dan kelembaban yang rendah.

4.3 Bakteri Kontaminan

Rerata bakteri kontaminan yang terdapat dalam inokulum asam sitrat ini berkisar antara $1,633 \times 10^6$ cfu/g (6,213 log cfu/g) sampai dengan $4,150 \times 10^7$ cfu/g (7,618 log cfu/g). Rerata bakteri kontaminan tertinggi diperoleh dari perlakuan A₃B₃ (5% starter *Aspergillus niger* (b/b) dan 0,75% urea (b/b)), sedangkan rerata bakteri kontaminan terendah diperoleh dari konsentrasi A₁B₁ (1% starter *Aspergillus niger* (b/b) dan 0,25% urea (b/b)). Grafik rerata total kapang pada inokulum asam sitrat secara lengkap dapat dilihat pada pada Gambar 7 berikut:



Gambar 7. Grafik Rerata Bakteri Kontaminan

Hasil analisis ragam terhadap bakteri kontaminan tepung inokulum asam sitrat (Lampiran 4) menunjukkan bahwa interaksi antar faktor A (starter *Aspergillus niger*) dan faktor B (konsentrasi urea) tidak berbeda nyata atau tidak terdapat interaksi yang nyata antara penambahan starter *Aspergillus niger* dan urea terhadap bakteri kontaminan yang dihasilkan. Faktor perlakuan penambahan starter *Aspergillus niger* memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap bakteri kontaminan yang dihasilkan, sedangkan penambahan konsentrasi urea tidak berpengaruh terhadap bakteri kontaminan.

Tabel 3. Rerata Bakteri Kontaminan Berdasarkan Jumlah Starter *Aspergillus niger* .

Starter <i>A.niger</i> (%)	Rerata Bakteri Kontaminan (Log cfu/g)	Notasi
1	6,262	a
3	7,477	b
5	7,572	b

Keterangan : Rerata dengan notasi yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata (a=5%).

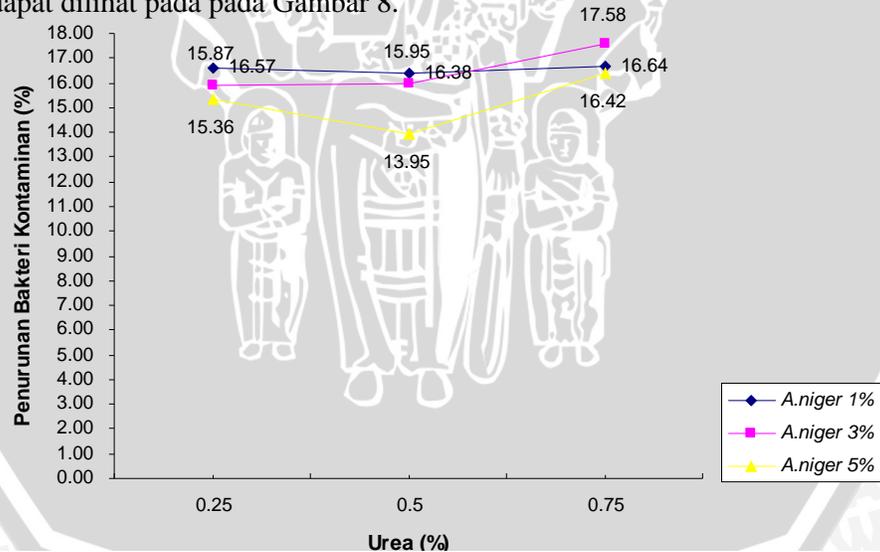
Tabel 3 di atas menunjukkan bahwa penambahan starter *Aspergillus niger* sebesar 5% menghasilkan bakteri kontaminan tertinggi yaitu sebesar $3,732 \times 10^7$ cfu/g (7,572 log cfu/g), bakteri kontaminan terendah didapatkan pada penambahan starter *Aspergillus niger* sebesar 1% yang menghasilkan bakteri kontaminan sebesar $1,828 \times 10^6$ cfu/g (6,262 log cfu/g). Sedangkan penambahan starter *Aspergillus niger* sebesar 3% akan menghasilkan bakteri kontaminan sebesar $3,00 \times 10^6$ cfu/g (7,477 log cfu/g).

Bakteri kontaminan pada inokulum asam sitrat ini dipengaruhi oleh penambahan jumlah starter *Aspergillus niger* yang diberikan, hal ini dikarenakan starter *Aspergillus niger* yang diberikan pada saat pembuatan inokulum telah terkontaminasi oleh bakteri kontaminan, sehingga semakin banyak starter *Aspergillus niger* yang diberikan, maka kandungan bakteri kontaminan yang terdapat dalam inokulum asam sitrat akan semakin meningkat.

Bakteri kontaminan pada inokulum ini mengandung $1,633 \times 10^6$ cfu/g (6,213 log cfu/g) sampai dengan $4,150 \times 10^7$ cfu/g (7,618 log cfu/g). Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa konsentrasi bakteri kontaminan dalam inokulum ini tidak melebihi total kapang *Aspergillus niger* yang terkandung dalam inokulum sehingga inokulum ini dapat digunakan untuk proses fermentasi asam sitrat. Kasmidjo (1990), mengatakan bahwa keberadaan bakteri kontaminan tidak akan mengganggu proses fermentasi jika populasinya tidak melebihi konsentrasi kapang dalam inokulum.

4.4 Penurunan Bakteri Kontaminan Setelah Satu Bulan

Rerata bakteri kontaminan setelah satu bulan yang terdapat dalam inokulum asam sitrat akan mengalami perubahan tiap waktu. Perubahan ini dikarenakan adanya penurunan bakteri kontaminan dalam inokulum asam sitrat tersebut. Rerata penurunan bakteri kontaminan setelah satu bulan dalam inokulum asam sitrat ini berkisar antara 13,95% sampai dengan 17,58%. Rerata penurunan bakteri kontaminan setelah satu bulan tertinggi diperoleh dari perlakuan A₂B₃ (3% starter *Aspergillus niger* (b/b) dan 0,75% urea (b/b)), sedangkan Persentase penurunan bakteri kontaminan setelah satu bulan terendah diperoleh dari konsentrasi A₃B₂ (5% starter *Aspergillus niger* (b/b) dan 0,50% urea (b/b)). Grafik rerata persentase penurunan bakteri kontaminan setelah satu bulan secara lengkap dapat dilihat pada pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik Rerata Penurunan Bakteri Kontaminan Setelah Satu Bulan

Hasil analisis ragam terhadap bakteri kontaminan setelah satu bulan dalam inokulum asam sitrat (Lampiran 5) menunjukkan bahwa interaksi antar faktor A (starter *Aspergillus niger*) dan faktor B (konsentrasi urea) tidak berbeda nyata atau

tidak terdapat interaksi yang nyata antara penambahan starter *Aspergillus niger* dan urea terhadap bakteri kontaminan setelah satu bulan yang dihasilkan. Faktor perlakuan penambahan starter *Aspergillus niger* dan penambahan konsentrasi urea tidak berpengaruh terhadap bakteri kontaminan setelah satu bulan dalam inokulum asam sitrat.

Bakteri kontaminan tidak memanfaatkan nutrisi dari urea yang ditambahkan untuk dikonsumsi. Hal ini dikarenakan inokulum asam sitrat yang telah dikeringkan, sehingga urea yang ditambahkan tidak dapat dimanfaatkan oleh bakteri kontaminan.

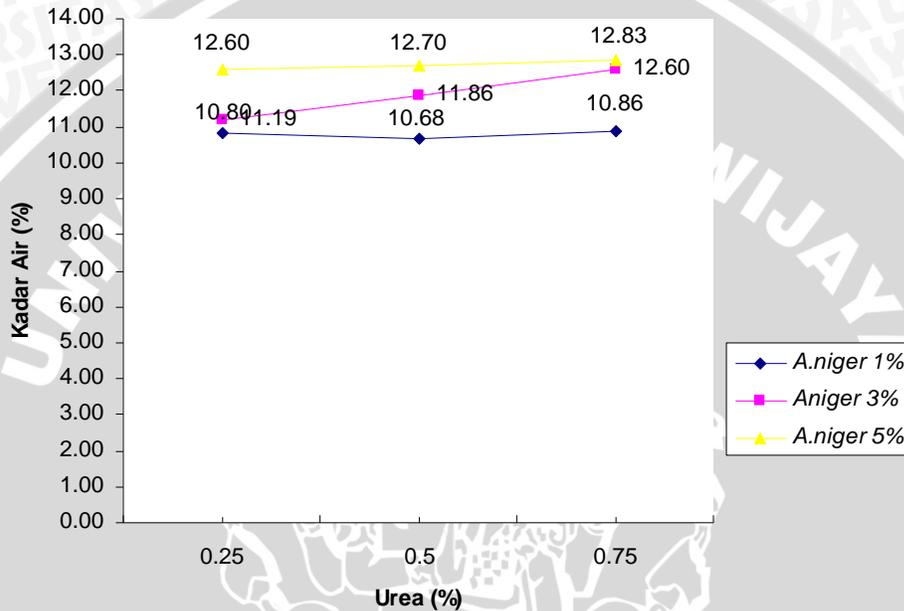
Penurunan bakteri kontaminan setelah satu bulan dipengaruhi oleh keadaan lingkungan pada saat proses pembuatan inokulum yang tidak steril dan peralatan yang tidak steril pada saat pembuatan inokulum. Hal ini sesuai dengan Kasmidjo (1990), yang menyatakan bahwa pada inokulum terdapat sejumlah bakteri karena keadaan sekitar pada waktu proses pembuatan yang kurang steril.

Hasil pengamatan terhadap persentase penurunan bakteri ini juga menunjukkan bahwa persentase penurunan bakteri lebih tinggi dibandingkan dengan persentase kapang. Hal ini akan memberikan keuntungan dalam proses penyimpanan inokulum sehingga kualitas inokulum asam sitrat tetap terjaga.

4.5 Kadar Air Inokulum

Rerata kadar air produk tepung inokulum asam sitrat yang dihasilkan berkisar antara 10,68% bk (berat kering) sampai 12,83% bk (berat kering). Rerata

kadar air tertinggi diperoleh dari perlakuan A₃B₃ (5% starter *Aspergillus niger* (b/b) dan 0,75% urea (b/b)), sedangkan rerata kadar air terendah diperoleh dari perlakuan A₁B₂ (1% starter *Aspergillus niger* (b/b) dan 0,50% urea (b/b)). Grafik rerata kadar air inokulum asam sitrat secara lengkap dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Grafik Rerata Kadar Air Inokulum Asam Sitrat

Hasil analisis ragam terhadap kadar air inokulum asam sitrat (Lampiran 6) menunjukkan bahwa interaksi antar faktor A (starter *Aspergillus niger*) dan faktor B (konsentrasi urea) tidak berbeda nyata atau tidak terdapat interaksi yang nyata antara penambahan starter *Aspergillus niger* dan urea terhadap kadar air inokulum asam sitrat yang dihasilkan. Faktor perlakuan penambahan starter *Aspergillus niger* memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap kadar air inokulum asam sitrat yang dihasilkan, sedangkan penambahan konsentrasi urea tidak berpengaruh terhadap kadar air inokulum asam sitrat yang dihasilkan.

Tabel 4. Rerata kadar Air Inokulum Asam Sitrat Berdasarkan Konsentrasi Starter *Aspergillus niger*.

Starter <i>A.niger</i> (%)	Rerata Kadar Air (%)	Notasi
1	10,78	a
3	11,89	ab
5	12,71	b

Keterangan : Rerata dengan notasi yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata ($\alpha=5\%$).

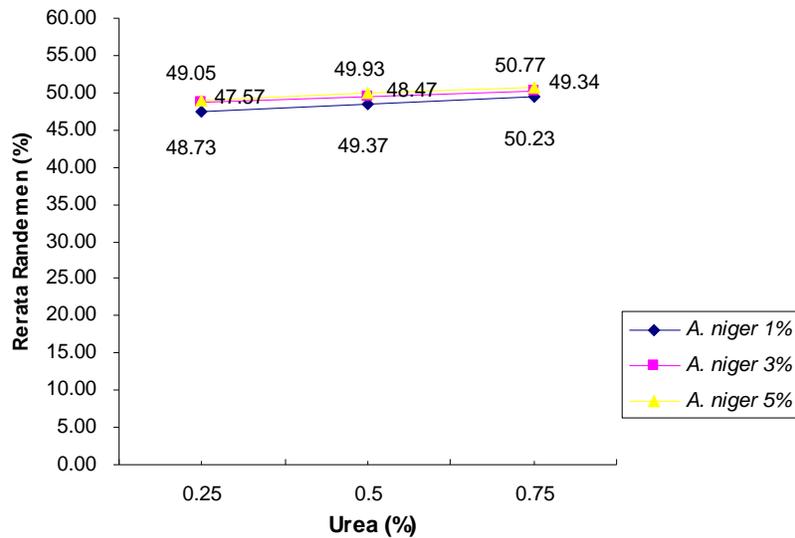
Tabel 4 di atas menunjukkan bahwa penambahan starter *Aspergillus niger* sebesar 5% menghasilkan kadar air tertinggi yaitu sebesar 12,71%, kadar air terendah didapatkan pada penambahan starter *Aspergillus niger* sebesar 1 % yaitu 10,78%. Sedangkan penambahan starter *Aspergillus niger* sebesar 3% menghasilkan kadar air inokulum asam sitrat sebesar 11,89%.

Peningkatan starter *Aspergillus niger* yang ditambahkan akan mengakibatkan peningkatan kadar air inokulum. Hal ini dikarenakan selama fermentasi terjadi proses metabolisme *Aspergillus niger*. Adanya aktifitas metabolisme ini akan mengakibatkan terjadinya degradasi bahan organik yang akan menimbulkan peningkatan panas. Degradasi bahan organik menyebabkan air yang terjerap menjadi lepas dan menjadikan kadar air inokulum asam sitrat meningkat (bahan menjadi lebih lembab).

4.6 Rendemen Inokulum

Rerata rendemen produk tepung inokulum asam sitrat yang didapatkan berkisar antara 47,58% sampai 50,77%. Rerata rendemen tertinggi diperoleh dari perlakuan A₃B₃ (5% starter *Aspergillus niger* (b/b) dan 0,75% urea (b/b)),

sedangkan rerata rendemen terendah diperoleh dari konsentrasi A₁B₁ (1% starter *Aspergillus niger* (b/b) dan 0,25% urea (b/b)). Grafik rerata rendemen inokulum asam sitrat secara lengkap dapat dilihat pada pada Gambar 10.



Gambar 10. Grafik Rerata Rendemen Inokulum Asam Sitrat

Hasil analisis ragam terhadap rendemen tepung inokulum asam sitrat (Lampiran 7) menunjukkan bahwa interaksi antar faktor A (starter *Aspergillus niger*) dan faktor B (konsentrasi urea) berbeda nyata atau terdapat interaksi yang nyata antara penambahan starter *Aspergillus niger* dan urea terhadap rendemen tepung inokulum asam sitrat. Faktor perlakuan penambahan starter *Aspergillus niger* dan konsentrasi urea memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap rendemen tepung inokulum asam sitrat yang dihasilkan.

Tabel 5. Rendemen Inokulum Asam Sitrat Pada Berbagai Perlakuan

Perlakuan	Rerata Rendemen (%)	Notasi
A ₁ B ₁ (1% Starter; 0,25% Urea)	47,57	a
A ₁ B ₂ (1% Starter; 0,5% Urea)	48,47	b
A ₁ B ₃ (1% Starter; 0,75% Urea)	49,34	e
A ₂ B ₁ (3% Starter; 0,25% Urea)	48,73	c
A ₂ B ₂ (3% Starter; 0,5% Urea)	49,37	ef
A ₂ B ₃ (3% Starter; 0,75% Urea)	50,23	h
A ₃ B ₁ (5% Starter; 0,25% Urea)	49,05	d
A ₃ B ₂ (5% Starter; 0,5% Urea)	49,93	g
A ₃ B ₃ (5% Starter; 0,75% Urea)	50,77	i

Keterangan : Rerata dengan notasi yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata (a=5%).

Interaksi yang berbeda nyata menunjukkan bahwa faktor-faktor tersebut tidak bebas. Starter *Aspergillus niger* dan konsentrasi urea mempengaruhi rendemen inokulum asam sitrat yang dihasilkan. Pada starter *Aspergillus niger* yang sama dan konsentrasi urea yang berbeda dihasilkan rendemen inokulum asam sitrat yang cenderung meningkat. Begitu juga pada konsentrasi urea yang sama dan starter *Aspergillus niger* yang berbeda dihasilkan rendemen inokulum asam sitrat yang cenderung meningkat.

Tabel 6. Rerata Rendemen Inokulum Asam Sitrat Berdasarkan Penambahan Starter *Aspergillus niger*.

Starter <i>A.niger</i> (%)	Rerata Rendemen (%)	Notasi
1	48,46	a
3	49,44	b
5	49,92	c

Keterangan : Rerata dengan notasi yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata (a=5%).

Tabel 6 di atas menunjukkan bahwa penambahan starter *Aspergillus niger* sebesar 5 % menghasilkan rendemen tertinggi yaitu sebesar 49,91%, rendemen terendah didapatkan pada penambahan starter *Aspergillus niger* sebesar 1% yaitu

sebesar 48,46%. Sedangkan penambahan starter *Aspergillus niger* sebesar 3% menghasilkan total rendemen sebesar 49,44%. Peningkatan rendemen yang dihasilkan akan mengalami peningkatan seiring dengan penambahan starter *Aspergillus niger* yang diberikan. Hal ini dikarenakan kemampuan kapang *Aspergillus niger* dalam memanfaatkan nutrisi bahan juga berbeda, sehingga setelah akhir proses akan memberikan rendemen yang berbeda (Sumarlan, 1996).

Tabel 7. Rerata Rendemen Inokulum Asam Sitrat Berdasarkan Konsentrasi Urea.

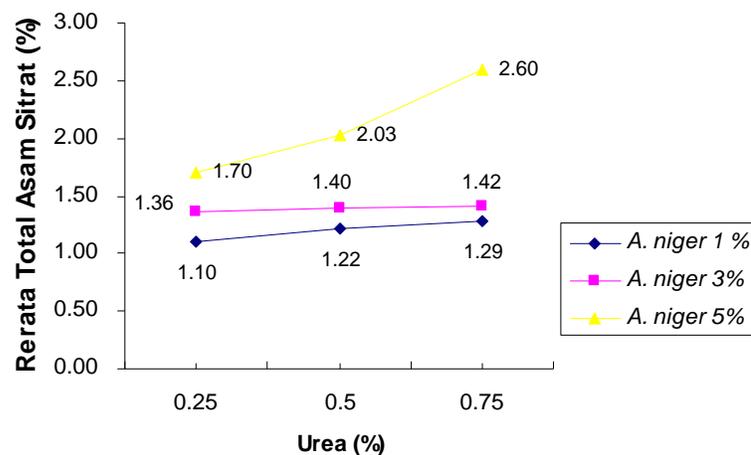
Urea (%)	Rerata Rendemen (%)	Notasi
0,25	48,45	a
0,50	49,26	b
0,75	50,11	c

Keterangan : Rerata dengan notasi yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata (a=5%).

Tabel 7 di atas menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi urea sebesar 0,75% menghasilkan rendemen tertinggi yaitu sebesar 50,11%, rendemen terendah didapatkan pada penambahan konsentrasi urea sebesar 0,25% yaitu sebesar 48,45%. Sedangkan penambahan konsentrasi urea sebesar 0,5% menghasilkan rendemen sebesar 49,25%. Rendemen inokulum akan mengalami peningkatan seiring dengan penambahan urea. Hal ini dikarenakan penambahan urea akan mempengaruhi fermentasi oleh starter *Aspergillus niger* sehingga akan mempengaruhi kandungan rendemen yang dihasilkan. Desrosier (1988), mengatakan bahwa rendemen bahan pangan kering dipengaruhi oleh kadar air awal bahan dan kadar air akhir bahan.

4.7 Persentase Asam sitrat

Pengujian terhadap persentase asam sitrat dilakukan dengan menggunakan bahan baku limbah padat tepung tapioka dengan bahan tambahan glukosa. Hasil pengujian menunjukkan bahwa rerata persentase asam sitrat yang dihasilkan berkisar antara 1,10% sampai dengan 2,60%. Rerata persentase asam sitrat tertinggi diperoleh dari perlakuan A₃B₃ (5 % starter *Aspergillus niger* (b/b) dan 0,75 % urea (b/b)), sedangkan rerata persentase asam sitrat terendah diperoleh dari konsentrasi A₁B₁ (1% starter *Aspergillus niger* (b/b) dan 0,25% urea (b/b)). Grafik rerata persentase asam sitrat secara lengkap dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Grafik Rerata Persentase Asam sitrat

Hasil analisis ragam terhadap persentase asam sitrat yang dihasilkan (Lampiran 8) menunjukkan bahwa interaksi antar faktor A (starter *Aspergillus niger*) dan faktor B (konsentrasi urea) berbeda nyata atau terdapat interaksi yang nyata antara penambahan starter *Aspergillus niger* dan urea terhadap persentase asam sitrat yang dihasilkan. Faktor perlakuan penambahan starter *Aspergillus*

niger dan konsentrasi urea memberikan pengaruh yang sangat nyata persentase asam sitrat yang dihasilkan

Tabel 8. Rerata Persentase Asam Sitrat dari Berbagai Perlakuan

Perlakuan	Rerata Asam Sitrat (%)	Notasi
A ₁ B ₁ (1% Starter; 0,2% Urea)	1,10	a
A ₁ B ₂ (1% Starter; 0,5% Urea)	1,22	ab
A ₁ B ₃ (1% Starter; 0,75% Urea)	1,29	b
A ₂ B ₁ (3% Starter; 0,2% Urea)	1,36	b
A ₂ B ₂ (3% Starter; 0,5% Urea)	1,40	b
A ₂ B ₃ (3% Starter; 0,75% Urea)	1,42	b
A ₃ B ₁ (5% Starter; 0,2% Urea)	1,70	c
A ₃ B ₂ (5% Starter; 0,5% Urea)	2,03	d
A ₃ B ₃ (5% Starter; 0,75% Urea)	2,60	e

Keterangan : Rerata dengan notasi yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata (a=5%).

Interaksi yang berbeda nyata menunjukkan bahwa faktor-faktor tersebut tidak bebas. Starter *Aspergillus niger* dan konsentrasi urea mempengaruhi persentase asam sitrat yang dihasilkan. Pada starter *Aspergillus niger* yang sama dan konsentrasi urea yang berbeda dihasilkan persentase asam sitrat yang cenderung meningkat. Begitu juga pada konsentrasi urea yang sama dan starter *Aspergillus niger* yang berbeda dihasilkan persentase asam sitrat yang cenderung meningkat.

Tabel 9. Rerata Persentase Asam Sitrat Yang Dihasilkan Berdasarkan Penambahan Starter *Aspergillus niger* .

Starter <i>A. niger</i> (%)	Rerata Asam Sitrat (%)	Notasi
1	1,20	a
3	1,39	b
5	2,11	c

Keterangan : Rerata dengan notasi yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata (a=5%).

Tabel 9 di atas menunjukkan bahwa penambahan starter *Aspergillus niger* sebesar 5 % menghasilkan persentase asam sitrat tertinggi yaitu sebesar 2,11%,

persentase asam sitrat terendah didapatkan pada penambahan starter *Aspergillus niger* sebesar 1 % yaitu sebesar 1,20%. Sedangkan penambahan 3% akan menghasilkan asam sitrat sebesar 1,39%.

Rerata persentase asam sitrat yang dihasilkan akan mengalami peningkatan seiring dengan penambahan starter *Aspergillus niger* yang diberikan. Hal ini dikarenakan proses fermentasi asam sitrat akan lebih optimal dengan bertambahnya kapang *Aspergillus niger* yang diberikan selama proses fermentasi. Kapang akan lebih cepat dalam melakukan proses fermentasi untuk asam sitrat. Sehingga semakin banyak starter *Aspergillus niger* maka persentase kandungan asam sitrat yang dihasilkan akan semakin meningkat.

Tabel 10. Rerata Persentase Asam Sitrat Yang Dihasilkan Berdasarkan Konsentrasi Urea.

Urea (%)	Rerata Asam Sitrat (%)	Notasi
0,25	1,39	a
0,50	1,55	ab
0,75	1,77	c

Keterangan : Rerata dengan notasi yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata (a=5%).

Tabel 10 di atas menunjukkan bahwa penambahan urea sebesar 0,75% menghasilkan persentase asam sitrat tertinggi yaitu sebesar 1,77%, penambahan urea sebesar 0,50% akan menghasilkan persentase asam sitrat sebesar 1,55%, dan persentase asam sitrat terendah didapatkan pada penambahan urea sebesar 0,25% yaitu sebesar 1,39%.

Rerata persentase asam sitrat yang dihasilkan akan mengalami peningkatan seiring dengan penambahan konsentrasi urea yang diberikan. Hal ini dikarenakan ketersediaan unsur N sangat mempengaruhi pertumbuhan *Aspergillus*

niger pada proses fermentasi. Kenaikan konsentrasi urea mengakibatkan pertumbuhan *Aspergillus niger* akan lebih optimal sehingga persentase asam sitrat yang dihasilkan akan mengalami peningkatan. Miller et.al., (1993), mengatakan bahwa bahan organik dengan kandungan nitrogen tinggi dapat dikomposisi lebih cepat oleh *Aspergillus niger* daripada bahan organik yang rendah kandungan nitrogennya.

4.8 Penentuan Alternatif Terbaik

Penentuan alternatif terbaik menggunakan metode Multiple Atribut. Nilai ideal untuk total kapang inokulum, penurunan bakteri kontaminan, rendemen, asam sitrat adalah maksimal, sedangkan nilai ideal untuk penurunan kapang, bakteri kontaminan dan kadar air adalah minimal.

Nilai masing-masing atribut dihitung derajat kerapatannya (d^k_i). hasil pemilihan perlakuan terbaik adalah derajat kerapatan yang minimum. Dari hasil perhitungan diperoleh jarak kerapatan minimum untuk L1 adalah 0,059, L2 adalah 0,001 dan L8 adalah 0,026 yang berada pada perlakuan A_3B_2 (5 % starter *Aspergillus niger* (b/b) dan 0,75 % urea (b/b)) Hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 9.

Hasil ini menunjukkan bahwa perlakuan A_3B_3 (5 % starter *Aspergillus niger* (b/b) dan 0,75 % urea (b/b)) memberikan hasil terbaik dengan total kapang *Aspergillus niger* sebesar 7,876 log cfu/g, total kapang *Aspergillus niger* setelah satu bulan sebesar 11,79%, bakteri kontaminan sebesar 7,618 log cfu/g, bakteri kontaminan setelah satu bulan sebesar 16,42%, kadar air sebesar 12,83%,

rendemen yang dihasilkan sebesar 50,77%, total asam sitrat yang dihasilkan dengan melakukan fermentasi dengan bahan baku onggok sebesar 2,60%.

4.9 Perancangan Proses Produksi

4.9.1 Bahan Baku dan Bahan Pembantu

1. Kulit ubi kayu

Bahan baku dalam pembuatan inokulum asam sitrat ini adalah kulit ubi kayu yang diperoleh dari sentra industri tape di Kecamatan Tamanan Kabupaten Bondowoso. Industri inokulum ini dalam satu hari hanya melakukan satu kali produksi inokulum asam sitrat. Dalam satu kali proses produksi, inokulum asam sitrat yang dapat diproduksi diasumsikan sebesar 100 kemasan (@ 250 g), sehingga total inokulum yang dihasilkan dalam satu hari adalah 25 Kg.

Hasil perhitungan rendemen menunjukkan bahwa kulit ubi kayu memiliki nilai rendemen sebesar 50,77%. Sehingga bahan baku kulit ubi kayu yang dibutuhkan setiap harinya adalah 50 Kg kulit ubi kayu. Total kulit ubi kayu yang dibutuhkan selama 1 bulan (25 hari) adalah 1.250 Kg. Kebutuhan bahan baku ini akan dipasok oleh 5 industri tape skala kecil di sekitar lokasi perusahaan. Industri pemasok bahan baku kulit ubi kayu dapat dilihat pada lampiran 11.

2. Beras

Beras digunakan sebagai medium pertumbuhan kapang *Aspergillus niger* dalam pembuatan starter. Beras memiliki kandungan nutrisi yang dibutuhkan oleh kapang *Aspergillus niger* sehingga dapat digunakan untuk starter kering *Aspergillus niger*.

Starter *Aspergillus niger* yang ditambahkan untuk untuk menghasilkan inokulum asam sitrat sebesar 25 Kg/hari adalah 5 % dari 50 Kg bahan baku yaitu 2,5 Kg . Beras yang dibutuhkan untuk menghasilkan starter *Aspergillus niger* kering 2,5 Kg/hari adalah 3 Kg/hari (pengeringan menyebabkan penyusutan bobot beras). Sehingga total beras yang dibutuhkan untuk setiap bulannya adalah 3 Kg x 25 = 75 Kg. Kebutuhan beras ini dapat diperoleh dari toko terdekat.

3. Kultur Murni *Aspergillus niger*

Kultur murni *Aspergillus niger* digunakan sebagai mikroba yang ditambahkan dalam pembuatan inokulum asam sitrat. Kultur murni *Aspergillus niger* dibiakkan dalam agar miring dengan medium PDA (Potato Dextrose Agar). Kultur murni *Aspergillus niger* yang dibutuhkan untuk satu kali proses peremajaan (menghasilkan 15 kultur murni *Aspergillus niger*) adalah 1 kultur murni *Aspergillus niger*. Untuk menghasilkan inokulum asam sitrat 25 Kg/hari kultur murni *Aspergillus niger* yang dibutuhkan adalah 2 kultur murni *Aspergillus niger*. Kultur murni *Aspergillus niger* yang dibutuhkan dalam satu bulan adalah 2 x 25 = 50 kultur murni *Aspergillus niger*.

4. Urea.

Urea ditambahkan untuk pembuatan inokulum asam sitrat. Penambahan urea ini berfungsi untuk menambahkan unsur N dalam medium kulit ubi kayu agar dapat meningkatkan pertumbuhan kapang *Aspergillus niger*.

Urea yang dibutuhkan dalam satu kali produksi adalah 0,75 % dari bahan baku kulit ubi kayu yaitu 0,375 Kg. Sehingga total urea yang dibutuhkan untuk

setiap bulannya adalah $0,375 \text{ Kg} \times 25 \text{ hari} = 9,375 \text{ Kg}$. Kebutuhan urea ini dapat diperoleh dari toko-toko kimia terdekat.

4.9.2 Proses Produksi Inokulum

Proses produksi inokulum dilakukan dengan menggunakan teknologi yang sederhana. Mesin dan peralatan lain banyak menggunakan perlengkapan rumah tangga. Dalam melakukan proses produksi inokulum dengan ini dilakukan dengan 3 tahapan yaitu :

1. Peremajaan kultur murni *Aspergillus niger*

Peremajaan kultur murni *Aspergillus niger* dilakukan untuk mendapatkan mikroba baru agar dapat dimanfaatkan dengan optimal. Satu kali peremajaan kultur murni *Aspergillus niger* ini akan menghasilkan 15 kultur murni *Aspergillus niger* baru. Kultur murni *Aspergillus niger* selanjutnya disimpan dalam lemari es untuk menghindari kontaminasi. Untuk menghasilkan inokulum asam sitrat 25 Kg/hari kultur murni *Aspergillus niger* yang dibutuhkan adalah 2 kultur murni *Aspergillus niger*. Kultur murni *Aspergillus niger* yang dibutuhkan dalam satu bulan adalah $2 \times 25 = 50$ kultur murni *Aspergillus niger*. Sehingga dalam satu bulan peremajaan kultur murni *Aspergillus niger* dilakukan sebanyak 2 kali peremajaan kultur murni *Aspergillus niger*. Proses peremajaan kultur murni *Aspergillus niger* dilakukan sebagai berikut :

- Pemanasan PDA (Potato Dextrose Agar)

Pemanasan dilakukan terhadap 3 g PDA (Potato Dextrose Agar) yang dicampur dengan 77 ml aquades. Pemanasan ini dilakukan pada gelas kimia sampai larutan mendidih untuk menghomogenisasi media sebagai

medium kapang. Setelah mendidih campuran PDA dan aquades tersebut dimasukkan ke dalam tabung reaksi + $\frac{1}{4}$ bagian, dan ditutup dengan kapas. Dari bahan 3 g PDA tersebut didapatkan 15 tabung reaksi.

- Sterilisasi

Sterilisasi dilakukan terhadap 15 tabung kimia yang telah berisi PDA tersebut. Sterilisasi dilakukan pada autoclaf dengan suhu 121°C selama 15 menit.

- Inokulasi

Proses inokulasi dilakukan terhadap tabung kimia tersebut setelah diinkubasi dalam kondisi miring. Inokulasi dilakukan dengan menggoreskan 1-2 ose kapang yang diperoleh dari kultur murni *Aspergillus niger* sebelumnya. Setelah dilakukan inokulasi kemudian diinkubasi dalam kondisi miring.

2. Pembuatan starter *Aspergillus niger*.

Pembuatan starter *Aspergillus niger* diperlukan untuk menambahkan mikroba pada kulit ubi kayu yang akan digunakan sebagai inokulum asam sitrat. Starter *Aspergillus niger* ini dibuat dari beras sebagai tempat tumbuh mikroba. Starter *Aspergillus niger* berbentuk tepung agar dapat mudah untuk diinokulasikan kedalam kulit ubi kayu dan dapat disimpan dalam waktu yang lama. Pembuatan starter *Aspergillus niger* ini dilakukan setiap hari untuk menghasilkan 2,5 Kg/hari starter *Aspergillus niger*. Kebutuhan starter *Aspergillus niger* selama satu bulan adalah $25 \times 2,5 \text{ Kg} = 62,5 \text{ Kg/ bulan}$. Proses pembuatan starter *Aspergillus niger* ini adalah sebagai berikut :

- Pencucian
3 Kg beras dicuci untuk menghilangkan kotoran. Pencucian dilakukan dengan menambahkan air ke dalam bak yang telah berisi beras.
- Perebusan
Beras yang telah dicuci kemudian dilakukan perebusan selama 5 menit. Proses perebusan dilakukan untuk melunakkan beras agar nutrisi dalam beras dapat dimanfaatkan oleh kapang *Aspergillus niger*.
- Sterilisasi
Beras yang telah direbus kemudian diangin-anginkan dan dimasukkan kedalam autoclaf untuk dilakukan sterilisasi pada suhu 121° C selama 15 menit. Proses sterilisasi ini dilakukan untuk menghilangkan kontaminan.
- Inokulasi
Setelah dilakukan sterilisasi, beras kemudian dimasukkan ke dalam nampan plasti k @ 0,5 Kg dan diangin-anginkan. Setelah itu dilakukan inokulasi dari kultur murni *Aspergillus niger* sebanyak 5-10 ose.
- Inkubasi
Beras yang telah diinokulasi dengan kultur murni *Aspergillus niger* kemudian diinkubasi selama 48 jam dalam suhu kamar. Inkubasi dilakukan pada tempat yang steril agar tidak terkontaminasi oleh kontaminan.
- Pengeringan

Pengeringan dilakukan terhadap beras yang telah diinkubasi pada pengering kabinet. Pengeringan dilakukan pada suhu 40°-45° C selama 48 jam.

- Penghalusan.

Beras yang telah dikeringkan kemudian dihaluskan dengan blender untuk menghasilkan starter *Aspergillus niger* kering sebesar 2,5 Kg.

3. Pembuatan inokulum asam sitrat

Pembuatan tepung inokulum asam sitrat ini dengan menggunakan bahan baku kulit ubi kayu. Pembuatan tepung inokulum asam sitrat ini dilakukan dalam setiap hari. Kulit ubi kayu yang diperlukan untuk menghasilkan tepung inokulum asam sitrat sebesar 2,5 Kg/hari adalah 50 Kg. Proses pembuatan tepung inokulum asam sitrat dari kulit ubi kayu adalah sebagai berikut :

- Pengeringan

50 Kg bahan baku kulit ubi kayu yang telah tersedia dikeringkan untuk mempermudah proses penggilingan. Pengeringan dilakukan pada pengering kabinet dengan suhu 40°-45° C selama 48 jam sampai kadar air $\pm 15 \%$.

- Penggilingan

Setelah kulit ubi kayu dikeringkan bahan baku kulit ubi kayu kemudian digiling untuk mempermudah proses inokulasi (luas permukaan = 1 cm x 1 cm). Penggilingan dilakukan dengan mesin *Grinder I*.

- Penambahan air

Penambahan air dilakukan untuk melembabkan kulit ubi kayu, agar kapang dapat memanfaatkan nutrisi dalam kulit ubi kayu. Penambahan air dilakukan setiap hari dengan konsentrasi dan frekuensi yang sama terhadap masing-masing bak fermentasi.

- Sterilisasi

Kulit ubi kayu yang telah ditambahkan air kemudian disterilisasi untuk menghilangkan bakteri kontaminan. Sterilisasi dilakukan pada autoclaf pada suhu 121° C selama 15 menit.

- Inokulasi

Kulit ubi kayu yang telah disterilisasi kemudian dimasukkan ke dalam bak fermentasi dengan lubang-lubang kecil di bagian bawahnya. Pelubangan bak fermentasi ini agar air tidak mengambang sehingga tidak mengakibatkan pembusukan. Bahan baku 50 Kg kulit ubi kayu ini membutuhkan 2 bak fermentasi. Setelah itu dilakukan inokulasi dengan menambahkan 2,5 Kg starter *Aspergillus niger*

- Penambahan urea

Kulit ubi kayu yang telah diinokulasi dalam bak fermentasi kemudian ditambahkan dengan urea 0,375 Kg (0,75 %). Penambahan urea ini berfungsi untuk menambahkan unsur N dalam medium kulit ubi kayu agar dapat meningkatkan pertumbuhan kapang *Aspergillus niger*.

- Inkubasi

Kulit ubi kayu yang telah diinokulasi dan ditambahkan urea kemudian diinkubasi pada suhu kamar selama 7 hari. Inkubasi dilakukan pada tempat yang steril agar tidak terkontaminasi oleh bakteri kontaminan.

- Pengeringan

Pengeringan dilakukan terhadap kulit ubi kayu yang telah diinkubasi pada pengering kabinet. Pengeringan dilakukan pada pengering kabinet II dengan suhu 40°- 45° C selama 48 jam

- Penghalusan.

Kulit ubi kayu yang telah dikeringkan kemudian dihaluskan dengan mesin *Grinder* II untuk menghasilkan tepung inokulum asam sitrat.

- Pengayakan

Pengayakan dilakukan setelah kulit ubi kayu dihaluskan. Pengayakan dilakukan dengan kain saring 150 mesh untuk menghasilkan tepung inokulum asam sitrat dengan ukuran yang sama.

- Pengemasan

Proses terakhir dalam pembuatan inokulum asam sitrat ini adalah pengemasan. Inokulum asam sitrat yang telah diayak kemudian dikemas dalam plastik @ 250 g. Plastik digunakan agar dapat terlindungi dari bakteri kontaminan. Tepung inokulum asam sitrat yang telah dikemas ini kemudian dipasarkan untuk memenuhi kebutuhan inokulum asam sitrat dalam industri-industri yang membutuhkan.

4.9.3 Kapasitas Produksi Inokulum

Perancangan kapasitas produksi dalam suatu industri dapat dilakukan dengan dua pendekatan. Pendekatan pertama adalah dengan memperkirakan tingkat permintaan potensial terhadap produk pada masa depan. Pendekatan pertama dilakukan apabila tersedia data historis untuk tingkat produksi atau penawaran dan tingkat permintaan dari produk yang bersangkutan ataupun produk yang sejenis dengannya. Pendekatan kedua adalah dengan pendekatan terhadap ketersediaan bahan baku. Pendekatan kedua dilakukan apabila tidak tersedia data mengenai keadaan pasar yang berhubungan dengan tingkat permintaan konsumen terhadap produk tersebut. Hal tersebut terjadi karena bila produk tersebut merupakan produk baru yang akan diperkenalkan kepada konsumen.

Kebutuhan bahan baku yang diperlukan untuk satu kali produksi pada pembuatan tepung inokulum asam sitrat ini adalah 50 kg kulit ubi kayu. Sedangkan tepung inokulum yang dihasilkan adalah 100 kemasan/hari. Setiap kemasan berisi 250 g tepung inokulum. Sehingga total inokulum yang dihasilkan dalam satu bulan adalah 2.500 kemasan/bulan (25 Kg) tepung inokulum.

4.9.4 Kebutuhan Peralatan

Berdasarkan pertimbangan mesin dan peralatan yang dipakai, industri inokulum asam sitrat ini menggunakan teknologi yang sederhana. Kapasitas produksi yang relatif kecil dapat ditangani dengan peralatan yang sederhana dan didukung dengan keterampilan pekerja. Peralatan yang dibutuhkan secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Jenis Peralatan Dalam Pembuatan Inokulum

No	Jenis Peralatan	Fungsi	Spesifikasi	Jumlah
1	Timbangan	Menimbang bahan	Kapasitas 3 Kg	1
2	Mesin Penggiling (<i>Grinder</i>)	Menggiling dan menghaluskan bahan	Kapasitas 5 Kg, 3000 W, 220 V.	2
3	Bak Besar	Tempat fermentasi	Kapasitas 25 Kg	15
4	Pisau	Untuk memotong bahan	Berbahan Baja	1
5	<i>Blender</i>	Menghaluskan starter	Kapasitas 250 gr, 200 W, 220 V	1
6.	<i>Sheeler</i>	Mengemas inokulum	100 W, 220 V.	1
7	Kompor	Memanaskan PDA	Gas elpiji	1
8	Kain Penyaring	Menyaring bahan	150 mesh	1
9	Tabung <i>Autoclaf</i>	Sterilisasi bahan	Kapasitas 10 Kg, 2.000 W, 220 V.	1
10	Pengering Kabinet	Mengeringkan bahan	Kapasitas 25 Kg, 100 W, 220 V.	2

4.9.5 Peta Proses Operasi Pembuatan Inokulum

Peta proses operasi merupakan suatu diagram yang menggambarkan langkah-langkah proses yang akan dialami bahan baku mengenai urutan operasi dan pemeriksaan (Sutalaksana, 1979). Peta proses ini memuat informasi seperti waktu proses, bahan yang digunakan, dan alat atau mesin yang digunakan. Peta proses operasi pembuatan inokulum asam sitrat ini dapat dilihat pada Lampiran 12-14.

Perhitungan waktu proses menunjukkan bahwa waktu proses yang dibutuhkan untuk menghasilkan inokulum asam sitrat dalam satu kali produksi adalah 392,3 jam (17 hari) dengan konsumsi listrik sebesar 38,247 KWH. Hasil perhitungan secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran 11.

4.9.6 Tata Letak Fasilitas (*Lay-out*)

Tata letak fasilitas (*Lay-out*) dalam industri inokulum asam sitrat ini dirancang dengan menggunakan pola *Lay-out Product* (Lampiran 15). *Lay-out*

Product digunakan karena fasilitas-fasilitas produksi disusun berdasarkan urutan aliran proses produksi. Tata letak ini akan memudahkan proses aliran bahan, karena tidak ada arus bahan yang bolak-balik, sehingga pemindahan bahan menjadi lebih mudah dan cepat. Selain itu tata letak ini juga memudahkan pengawasan aktivitas produksi, karena aliran bahan selalu sama dalam setiap kali produksi dan satu mesin atau alat hanya digunakan untuk melaksanakan satu macam operasi kerja.

Kelebihan menggunakan *Lay-out Product* ini antara lain aliran pemindahan material berlangsung lancar, berkurangnya proses pemindahan bahan menurut jarak yang terpendek dan tiap unit produksi atau stasiun kerja memerlukan luas area yang minimal. Sedangkan kekurangan dari pola *Lay-out Product* ini jika terdapat kerusakan salah satu alat akan dapat menghentikan aliran proses secara total dan stasiun kerja yang paling lambat akan menjadi hambatan bagi aliran proses produksi.



V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan penambahan 5 % starter *A. niger* (b/b) dan 0,75 % urea (b/b) memberikan hasil terbaik dengan total kapang *A. niger* sebesar 7,876 log cfu/g, total kapang *A. niger* setelah satu bulan sebesar 11,79%, bakteri kontaminan sebesar 7,618 log cfu/g, bakteri kontaminan setelah satu bulan sebesar 16,42%, kadar air sebesar 12,83%, rendemen yang dihasilkan sebesar 50,77%, total asam sitrat yang dihasilkan dengan melakukan fermentasi dengan bahan baku onggok sebesar 2,60%.
2. Penambahan starter *Aspergillus niger* berpengaruh nyata terhadap total kapang inokulum, bakteri kontaminan, kadar air, rendemen, total asam sitrat, tidak berpengaruh nyata terhadap penurunan total kapang inokulum setelah satu bulan dan bakteri kontaminan setelah satu bulan. Sedangkan penambahan konsentrasi urea berpengaruh nyata terhadap total kapang inokulum, rendemen dan total asam sitrat, tidak berpengaruh nyata terhadap, penurunan total kapang inokulum setelah satu bulan, bakteri kontaminan, penurunan bakteri kontaminan setelah satu bulan, dan kadar air.
3. Perancangan proses produksi inokulum asam sitrat dilakukan terhadap perlakuan A₃B₃ (5 % starter *Aspergillus niger* (b/b) dan 0,75 % urea (b/b)) dengan menggunakan mesin dan peralatan yang sederhana. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa untuk menghasilkan tepung inokulum asam sitrat sebanyak 100 kemasan/hari (@250 g) bahan baku kulit ubi kayu yang

dibutuhkan sebesar 50 Kg/hari. Sehingga bahan baku kulit ubi kayu yang dibutuhkan dalam setiap bulannya (25 hari) adalah 1.250 Kg kulit ubi kayu. Tata letak fasilitas yang digunakan adalah *Lay out Product* dengan waktu proses produksi yang dibutuhkan dalam satu kali produksi adalah 392,3 jam (17 hari) dan konsumsi listrik yang dibutuhkan sebesar 38,247 KWH.

5.2 Saran

Penelitian lanjutan perlu dilakukan terhadap faktor-faktor lain yang berpengaruh dalam pembuatan inokulum asam sitrat dari kulit ubi kayu. Diantaranya adalah perlakuan waktu fermentasi, suhu, pH dan lain-lain. Kandungan bakteri kontaminan sangat tinggi, sehingga penelitian harus dilakukan dengan hati-hati dan steril. Analisis finansial perlu ditambahkan untuk mendukung kelayakan dalam pendirian industri inokulum asam sitrat ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous. 2003. **Informasi Pengolahan dan Pemanfaatan Limbah**. [http : // www.menlh.go.id/usaha-kecil/olah/tapioka.htm](http://www.menlh.go.id/usaha-kecil/olah/tapioka.htm). Tanggal Akses 21 April 2006.
- Ansel, H. C. 1989. **Pengantar Bentuk Sediaan Farmasi**. Edisi Ke-4. Alih Bahasa Oleh Ibrahim, I. UI Press. Jakarta.
- Dilworth, J. B. 1993. **Production and Operation Management, Manufacturing and Services**. 5th Ed. Mc. Graw-Hill. Inc. Singapore.
- Handoko, T.H. 1987. **Dasar-Dasar Manajemen dan Operasi**. BPFE Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
- Harsokuesoema, D. 2000. **Pengantar Perancangan Teknik (Perancangan Produk)**. Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi. Depdiknas. Jakarta.
- Hidayat, N. I. Nurika. S. Kumalaningsih dan Wignyanto. 2002. **Mikrobiologi Industri**. Teknologi Industri Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya Malang.
- Hui, Y. H. 1991. **Encyclopedia Of Food Science and Technology**. Volume I. Jhon Willey and Sons, Inc. New York.
- Irsyad, N., Meiske T., Zureidar, F. Sugondho, J. Setiadi, M. Hartiningsih dan L. Dwiati. 1985. **Perancangan Proses Sistematis**. Penerbit Djambatar. Jakarta.
- Judoamidjojo, M.R., E.G. Said dan L. Hartoto. 1989. **Biokoversi**. Departemen Pendidikan Dan Kebudayaan Pendidikan Tinggi. PAU-Pangan dan Gizi. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Kasmidjo, R. B. 1990. **Tempe Mikrobiologi dan Biokimia Pengolahan Pangan serta Pemanfaatannya**. PAU Pangan dan Gizi. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Kumalaningsih, S dan N. Hidayat. 1995. **Mikrobiologi Hasil Pertanian**. IKIP. Malang.
- Kumalaningsih, S., S. M. Santoso dan E. R Lestari. 1995. **Rekayasa Paket Teknologi Produksi Asam Sitrat Dari Ampas Tapioka Dengan Inokulum Kering**. Kerjasama Penelitian dan Pengembangan Pertanian Proyek Pembangunan Penelitian Pertanian Nasional dengan Lembaga Penelitian Universitas Brawijaya. Malang.

- Lingga, P., dan Marsono. 2002. **Petunjuk Penggunaan Pupuk**. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Lewless, H. T. and H. Heymann. 1998. **Sensory Evaluation of Food**. Chapman and Hall. New York.
- Maga, J. A. And A.T. Thu. 1995. **Food Additive Toxicology**. Marcel Dekker Inc. New York.
- Miller, H. C., F. B Smith and P. E. Brown. 1993. **The Rate of Decompositosion of Various Plant Materials in Soil**. Journal American Society Agronomi. Iowa.
- Mohrle, R. 1989. **Effervescent Tablets. Dalam Parmaceutical Dossage Form : Tablet**. Vol I. Edisi Ke-2. H. A Luberman, L. Lachmand dan J. B Schwartz (ed). Marcel Dekker, Inc. New York.
- Mulyadi. 1997. **Akuntansi Manajemen, Konsep, Manfaat dan Rekayasa**. STIE YKPN. Yogyakarta.
- Natsir, M. H. dan I. H. Djunaedi. 2001. **Rekayasa Pemanfaatan Limbah Garut dan Limbah Udang Sebagai Pakan Unggas, Melalui Kualitas Nutrisi: Aspergillus niger**. Laporan Penelitian. Fakultas Peternakan Universitas Brawijaya. Malang.
- Onmueme.1978. **The Tropical Tuber Crops**. Wiley and Sons, Inc. New York.
- Payout, T.Z., Chemaly and M.Fick. 1999. **Lectic Acid Production by Bacillus Coogulans Kinetic Studies and Optimization of Culture Medium for Batch and Continous Fermentation**. Enzyme and Microbial Tech.24: 191-199
- Pelczer, M. J. Jr. dan E. C. S. Chan. 1988. **Dasar-Dasar Mikrobiologi** (Diterjemahkan Oleh : Hadioetomo, R. S., T. Iman, S. S Tjitrosomo, dan S. L. Angka) Universitas Indonesia. Jakarta.
- Rahman, A. 1992. **Teknologi Fermentasi**. Kerja sama Penerbit Arcan dengan Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi. IPB. Bogor.
- Ranggana, S. 1987. **Manual Analysis and Vegetable Product**. Mc. Graw Hill Book Inc. Ranggon.
- Rukmana, R. 1997. **Ubi Kayu dan Budidaya Pasca Panen**. Penerbit Kanisius. Jakarta.
- Shurtleff, W and A. Aoyagi. 1979. **The Book of Tempeh**. Harper and Row. New York.

- Said, E. G. 1987. **Bioindustri, Penerapan Teknologi Fermentasi**. Mediyatma Sarana Perkasa. Jakarta.
- Samson, R. A., E. S. Hoekstra, J. C. Frivad and O. Fillemburg. 1996. **Introduction to Food Borne Fungi**. 3th ed Centralburen Voor Scimel Cultures. Baarn. Nederland.
- Sarquis, M. I., E. M. Oliviera, A. S. Santos dan G. L. Costa . 2004. **Production of L-asparaginase by Fermentous Fungi**. Mem Inst Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, Vol. 99 (5).489-492.
- Shurtleff, W and A. Aoyagi. 1979. **The Book of Tempeh**. Harper and Row. New York.
- Sudarsono, J. 2002. **Pengantar Ekonomi Perusahaan**. PT. Prenhallindo. Jakarta.
- Suriawira, U. 1986. **Mikrobiologi Air dan Dasar-Dasar Pengolahan Buangan Secara Biologis**. Penerbit Alami. Bandung.
- Subagyo, P. 2000. **Manajemen Operasi**. BPFE Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Sudarmadji, S., Haryono B., Suhardi. 1997. **Prosedur Analisa Untuk Bahan Makanan dan Pertanian**. Liberty. Yogyakarta.
- Sudaryanto, B dan D. Ellyda. 1989. **Detoksifikasi Sianida Daun Ubi kayu dan Efek** . Dalam Warta Litbang Pertanian. Vol 9. hal. 4-6.
- Sumarlan. 1996. **Pembuatan Tepung Inokulum Tempe Kajian dari : Jenis Kultur dan Perbandingan Campuran Substrat serta Analisis Finansialnya**. Skripsi Fakultas Pertanian. Universitas Brawijaya.
- Sutalaksana, Anggawisastra dan Tjakraatmadja. 1979. **Teknik Tata Cara Kerja**. Jurusan Teknik Industri. ITB. Bandung.
- Tjokroadikoesoemo, S.P. 1993. **HFS dan Industri Ubi Kayu Lainnya**. PT. Gramedia Pustaka Utama Jakarta.
- Wibowo, D. 1990. **Dasar-Dasar Teknologi Fermentasi**. PAU. Pangan dan Gizi. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Yudhabuntara, D. 2005. **Pengendalian Mikroorganisme dalam Bahan Makanan Asal Hewan**. [http:// www.geocities.com/kesmavetugm.doc](http://www.geocities.com/kesmavetugm.doc). Tanggal Akses 21 April 2006.

Lampiran I. Prosedur Analisis

1. Analisis Total Kapang *Metode Plate Count* (Fardiaz, 1992)

- ❖ Sebanyak 9 ml aquades dimasukkan ke dalam tabung reaksi, kemudian sterilisasi.
- ❖ Timbang 1 gram sampel, masukkan dalam salah satu tabung reaksi yang berisi aquades steril menjadi pengenceran pertama (10^{-1}).
- ❖ Sebanyak 1 ml larutan tersebut dipipet ke dalam tabung reaksi lain berisi aquades steril menjadi pengenceran kedua (10^{-2}), demikian seterusnya sampai pada pengenceran yang dikehendaki. Harus diingat bahwa tiap pengenceran harus menggunakan pipet yang berbeda.
- ❖ Tiap pengenceran tersebut dipipet sebanyak 1 ml ke dalam cawan Petri.
- ❖ Ke dalam cawan tersebut dimasukkan agar cair (PDA) steril yang telah didinginkan sampai suhu $50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Selama penuangan medium, tutup cawan Petri tidak boleh dibuka terlalu lebar untuk menghindari kontaminasi dari luar.
- ❖ Segera setelah penuangan, cawan Petri digerakkan di atas meja secara hati-hati untuk menyebarkan sel-sel mikroba secara merata.
- ❖ Setelah agar memadat, cawan-cawan tersebut dapat diinkubasikan dengan posisi terbalik selama 48 jam
- ❖ Hitung jumlah koloni dalam setiap cawan petri.
- ❖ Hitung angka TPC dalam 1 gram dengan mengalikan jumlah koloni rata-rata dengan faktor pengenceran yang digunakan dengan satuan koloni forming unit (cfu/g) atau koloni/g.

2. Analisis Penurunan Total Kapang Setelah Satu Bulan Metode Plate

Count (Fardiaz, 1992).

- ❖ Sebanyak 9 ml aquades dimasukkan ke dalam tabung reaksi, kemudian sterilisasi.
- ❖ Timbang 1 gram sampel yang telah diinkubasi selama 1 bulan,, masukkan dalam salah satu tabung reaksi yang berisi aquades steril menjadi pengenceran pertama (10^{-1}).
- ❖ Sebanyak 1 ml larutan tersebut dipipet ke dalam tabung reaksi lain berisi aquades steril menjadi pengenceran kedua (10^{-2}), demikian seterusnya sampai pada pengenceran yang dikehendaki. Harus diingat bahwa tiap pengenceran harus menggunakan pipet yang berbeda.
- ❖ Tiap pengenceran tersebut dipipet sebanyak 1 ml ke dalam cawan Petri.
- ❖ Ke dalam cawan tersebut dimasukkan agar cair (PDA) steril yang telah didinginkan sampai suhu 50 °C. Selama penuangan medium, tutup cawan Petri tidak boleh dibuka terlalu lebar untuk menghindari kontaminasi dari luar.
- ❖ Segera setelah penuangan, cawan Petri digerakkan di atas meja secara hati-hati untuk menyebarkan sel-sel mikroba secara merata.
- ❖ Setelah agar memadat, cawan-cawan tersebut dapat diinkubasikan dengan posisi terbalik selama 48 jam
- ❖ Hitung jumlah koloni dalam setiap cawan petri.

- ❖ Hitung angka TPC dalam 1 gram dengan mengalikan jumlah koloni rata-rata dengan faktor pengenceran yang digunakan dengan satuan koloni forming unit (cfu/g) atau koloni/g.
- ❖ Persentase penurunan total kapang setelah satu bulan dihitung dengan rumus :

$$\text{Persentase} = \frac{\text{Total Kapang Awal} - \text{Total Kapang 1 Bulan}}{\text{Total Kapang Awal}} \times 100\%$$

3. Analisis Bakteri Kontaminan (Fardiaz, 1992).

- ❖ Sebanyak 9 ml aquades dimasukkan ke dalam tabung reaksi, kemudian sterilisasi.
- ❖ Timbang 1 gram sampel, masukkan dalam salah satu tabung reaksi yang berisi aquades steril menjadi pengenceran pertama (10^{-1}).
- ❖ Sebanyak 1 ml larutan tersebut dipipet ke dalam tabung reaksi lain berisi aquades steril menjadi pengenceran kedua (10^{-2}), demikian seterusnya sampai pada pengenceran yang dikehendaki. Harus diingat bahwa tiap pengenceran harus menggunakan pipet yang berbeda.
- ❖ Tiap pengenceran tersebut dipipet sebanyak 1 ml ke dalam cawan Petri.
- ❖ Ke dalam cawan tersebut dimasukkan agar cair (PDA) steril yang telah didinginkan sampai suhu 50 °C. Dalam larutan PDA tersebut ditambahkan larutan Rose Bengal sebanyak 0,05 ml/100 ml larutan PDA.
- ❖ Selama penuangan medium, tutup cawan Petri tidak boleh dibuka terlalu lebar untuk menghindari kontaminasi dari luar.
- ❖ Segera setelah penuangan, cawan Petri digerakkan di atas meja secara hati-hati untuk menyebarkan sel-sel mikroba secara merata.

- ❖ Setelah agar memadat, cawan-cawan tersebut dapat diinkubasikan dengan posisi terbalik selama 48 jam.
- ❖ Hitung jumlah koloni bakteri dalam setiap cawan petri.
- ❖ Hitung angka TPC dalam 1 gram dengan mengalikan jumlah koloni rata-rata bakteri dengan faktor pengenceran yang digunakan dengan satuan koloni forming unit (cfu/g) atau koloni/g.

4. Analisis Penurunan Bakteri Kontaminan Setelah Satu Bulan (Fardiaz, 1992).

- ❖ Sebanyak 9 ml aquades dimasukkan ke dalam tabung reaksi, kemudian sterilisasi.
- ❖ Timbang 1 gram sampel, masukkan dalam salah satu tabung reaksi yang berisi aquades steril menjadi pengenceran pertama (10^{-1}).
- ❖ Sebanyak 1 ml larutan tersebut dipipet ke dalam tabung reaksi lain berisi aquades steril menjadi pengenceran kedua (10^{-2}), demikian seterusnya sampai pada pengenceran yang dikehendaki. Harus diingat bahwa tiap pengenceran harus menggunakan pipet yang berbeda.
- ❖ Tiap pengenceran tersebut dipipet sebanyak 1 ml ke dalam cawan Petri.
- ❖ Ke dalam cawan tersebut dimasukkan agar cair (PDA) steril yang telah didinginkan sampai suhu 50°C . Dalam larutan PDA tersebut ditambahkan larutan Rose Bengal sebanyak 0,05 ml/100 ml larutan PDA.
- ❖ Selama penuangan medium, tutup cawan Petri tidak boleh dibuka terlalu lebar untuk menghindari kontaminasi dari luar.

- ❖ Segera setelah penuangan, cawan Petri digerakkan di atas meja secara hati-hati untuk menyebarkan sel-sel mikroba secara merata.
- ❖ Setelah agar memadat, cawan-cawan tersebut dapat diinkubasikan dengan posisi terbalik selama 48 jam.
- ❖ Hitung jumlah koloni bakteri dalam setiap cawan petri.
- ❖ Hitung angka TPC dalam 1 gram dengan mengalikan jumlah koloni rata-rata bakteri dengan faktor pengenceran yang digunakan dengan satuan koloni forming unit (cfu/g) atau koloni/g.
- ❖ Persentase penurunan total kapang setelah satu bulan dihitung dengan rumus :

$$\text{Persentase} = \frac{\text{Bakteri Kontaminan Awal} - \text{Bakteri Kontaminan 1 Bulan}}{\text{Bakteri Kontaminan Awal}} \times 100\%$$

5. Analisis Kadar Air (Sudarmadji, dkk., 1997).

- ❖ Timbang sampel berupa bubuk atau bahan yang telah dihaluskan sebanyak 1-2 g dalam cawan Petri yang telah diketahui beratnya.
- ❖ Masukkan cawan Petri yang telah berisi sampel kedalam oven selama 24 jam pada suhu 100-105 °C.
- ❖ Keluarkan cawan Petri yang berisi sampel tersebut dari dalam oven, kemudian didinginkan dalam desikator, sampel segera ditimbang setelah mencapai suhu kamar.
- ❖ Masukkan cawan Petri kedalam oven kembali, dikeringkan lagi selama 1-2 jam, didinginkan kemudian ditimbang.

- ❖ Proses tersebut diulang sampai diperoleh berat konstan dengan perbedaan berat tidak lebih dari 2 mg. Kehilangan berat tersebut dihitung sebagai persentase kandungan air dan dihitung dengan rumus :

$$\text{Kadar Air} = \frac{\text{Berat awal} - \text{Berat akhir}}{\text{Berat Sampel}} \times 100\%$$

6. Analisis Rendemen (AOAC, 1980).

- ❖ Rendemen dihitung berdasarkan persentase berat produk yang dihasilkan terhadap semua bahan yang digunakan.
- ❖ Rumus yang digunakan adalah :

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{\text{Produk akhir}}{\text{Produk awal}} \times 100\%$$

6. Analisis Pengujian Kadar Asam Sitrat (Ranggana, 1977).

- ❖ Sampel sebanyak 1 ml yang telah diencerkan dalam 100 ml aquades, dimasukkan ke dalam Erlenmeyer menggunakan pipet.
- ❖ Ditambahkan larutan phenolphthalin 1% sebanyak 5 tetes.
- ❖ Dititiasi dengan larutan NaOH 0,1 N sampai warna berubah menjadi merah muda.
- ❖ Prosentase asam sitrat dapat dihitung dengan rumus :

$$\frac{\text{MI NaOH} \times \text{N NaOH} \times \text{BM Asam Sitrat} \times 100}{\text{Berat Sampel (g)} \times 1000 \times \text{Faktor Pengenceran}} \times 100 \%$$

Lampiran 2. Data Hasil Pengamatan dan Analisis Ragam Total Kapang Inokulum Asam Sitrat.

Data Hasil Pengamatan Total Kapang Inokulum (Log cfu/g).

No.	Perlakuan	Kelompok			Total	Rerata
		1	2	3		
1	A ₁ B ₁	6,602	6,602	6,477	19,681	6,560
2	A ₁ B ₂	6,477	6,477	6,778	19,732	6,577
3	A ₁ B ₃	6,477	6,699	6,602	19,778	6,593
4	A ₂ B ₁	7,740	7,681	7,707	23,128	7,709
5	A ₂ B ₂	7,699	7,756	7,690	23,145	7,715
6	A ₂ B ₃	7,799	7,770	7,732	23,301	7,767
7	A ₃ B ₁	7,832	7,832	7,785	23,449	7,816
8	A ₃ B ₂	7,813	7,870	7,839	23,522	7,841
9	A ₃ B ₃	7,857	7,908	7,863	23,628	7,876
	Total	66,296	66,595	66,473	199,364	
	Rerata	7,366	7,399	7,386		7,384

Tabel Dua Arah

Perlakuan	B ₁	B ₂	B ₂	Total
A ₁	19,681	19,732	19,778	59,191
A ₂	23,128	23,145	23,301	69,574
A ₃	23,449	23,522	23,628	70,599
Total	66,258	66,399	66,707	199,364

Tabel Analisis Ragam

SK	db	JK	KT	F hitung	Ket	F tabel	
						5%	1%
Kelompok	2	0,005	0,0025	0,39	tn	3,36	6,23
Perlakuan	8	8,865	1,108	174,18	**	2,59	3,89
A	2	8,852	4,426	695,69	**	3,36	6,23
B	2	0,012	0,006	0,92	tn	3,36	6,23
A X B	4	0,001	0,0003	0,05	tn	3,01	4,77
Galat	16	0,102	0,006				
Total	26	8,972					

Ket : tn = tidak berbeda nyata.

* = berbeda nyata.

** = berbeda sangat nyata.

Lampiran 2. Lanjutan.

Uji Jarak Duncan

$\alpha = 0,05$
 $v = 16$
 $n = 3$
 $KTG = 0,006$
 $S? = \sqrt{vKTG/n} = \sqrt{0,006/3} = 0,045$

Nilai <i>d</i>		3	4	5	6	7	8	9
JND (α)	3	3,15	3,23	3,3	3,34	3,37	3,39	3,41
JNT (α)	0,135	0,142	0,145	0,149	0,150	0,152	0,153	0,153

Interaksi Antara Perlakuan Penambahan Starter *A. Niger* dan Konsentrasi Urea

Perlakuan	Rerata Total Kapang Inokulum (Log cfu/g)	Notasi
A ₁ B ₁ (1% Starter; 0,25% Urea)	6,560	a
A ₁ B ₂ (1% Starter; 0,5% Urea)	6,577	a
A ₁ B ₃ (1% Starter; 0,75% Urea)	6,593	a
A ₂ B ₁ (3% Starter; 0,25% Urea)	7,709	b
A ₂ B ₂ (3% Starter; 0,5% Urea)	7,715	b
A ₂ B ₃ (3% Starter; 0,75% Urea)	7,767	bc
A ₃ B ₁ (5% Starter; 0,25% Urea)	7,816	bc
A ₃ B ₂ (5% Starter; 0,5% Urea)	7,841	bc
A ₃ B ₃ (5% Starter; 0,75% Urea)	7,876	c

Keterangan : Rerata dengan notasi yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata (α=5%).

Rerata Total Kapang Inokulum Asam Sitrat Berdasarkan Starter *A. niger*.

Starter <i>A.niger</i> (%)	Rerata Total Kapang (Log cfu/g)	Notasi
1	6,577	a
3	7,730	b
5	7,844	c

Rerata Total Kapang Inokulum Asam Sitrat Berdasarkan Konsentrasi Urea

Urea (%)	Rerata Total Kapang (Log cfu/g)	Notasi
0,25	7,362	a
0,50	7,378	a
0,75	7,412	a

Keterangan :

- ❖ Setiap data merupakan rerata tiga kelompok.
- ❖ Rerata dengan notasi yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata (α=5%).

Lampiran 3. Data Hasil Pengamatan dan Analisis Ragam Penurunan Total Kapang Setelah 1 Bulan.

Data Hasil Pengamatan Penurunan Total kapang Setelah 1 Bulan (%)

No.	Perlakuan	Kelompok			Total	Rerata
		1	2	3		
1	A ₁ B ₁	12,51	11,06	12,70	36,27	12,09
2	A ₁ B ₂	13,74	13,60	12,83	40,17	13,39
3	A ₁ B ₃	11,87	15,12	12,23	39,22	13,07
4	A ₂ B ₁	13,40	14,44	11,56	39,40	13,13
5	A ₂ B ₂	12,75	12,46	11,91	37,12	12,37
6	A ₂ B ₃	11,87	14,77	12,10	38,74	12,91
7	A ₃ B ₁	11,70	12,53	12,57	36,80	12,27
8	A ₃ B ₂	13,44	11,33	12,76	37,53	12,51
9	A ₃ B ₃	12,58	11,67	11,11	35,36	11,79
	Total	113,86	116,98	109,77	340,61	
	Rerata	12,65	13,00	12,20		12,62

Tabel Dua Arah

Perlakuan	B ₁	B ₂	B ₂	Total
A ₁	36,27	40,17	39,22	115,66
A ₂	39,40	37,12	38,74	115,26
A ₃	36,80	37,53	35,36	109,69
Total	112,47	114,82	113,32	340,61

Tabel Analisis Ragam

SK	db	JK	KT	F hitung	Ket	F tabel	
						5%	1%
Kelompok	2	2,905	1,45	1,21	tn	3,36	6,23
Perlakuan	8	6,963	0,87	0,72	tn	2,59	3,89
A	2	2,475	1,24	1,03	tn	3,36	6,23
B	2	0,315	0,16	0,13	tn	3,36	6,23
A X B	4	4,17	1,04	0,87	tn	3,01	4,77
Galat	16	19,25	1,20				
Total	26	29,119					

Ket : tn = tidak berbeda nyata.

* = berbeda nyata.

** = berbeda sangat nyata.

Lampiran 3. Lanjutan

Uji Jarak Duncan

$$a = 0,05$$

$$v = 16$$

$$n = 3$$

$$KTG = 1,20$$

$$S? = vKTG/n = 16 \cdot 1,20/3 = 0,632$$

Nilai d	2	3	4	5	6	7	8	9
JND (a)	3	3,15	3,23	3,3	3,34	3,37	3,39	3,41
JNT (a)	1,90	1,99	2,04	2,09	2,11	2,13	2,14	2,16

Interaksi Antara Perlakuan Penambahan Starter *A. niger* dan Konsentrasi Urea Penurunan Total kapang Setelah 1 Bulan

Perlakuan	Rerata Penurunan Total kapang Setelah 1 Bulan (%)	Notasi
A ₁ B ₁ (1% Starter; 0,25% Urea)	12,09	a
A ₁ B ₂ (1% Starter; 0,5% Urea)	13,39	a
A ₁ B ₃ (1% Starter; 0,75% Urea)	13,07	a
A ₂ B ₁ (3% Starter; 0,25% Urea)	13,13	a
A ₂ B ₂ (3% Starter; 0,5% Urea)	12,37	a
A ₂ B ₃ (3% Starter; 0,75% Urea)	12,91	a
A ₃ B ₁ (5% Starter; 0,25% Urea)	12,27	a
A ₃ B ₂ (5% Starter; 0,5% Urea)	12,51	a
A ₃ B ₃ (5% Starter; 0,75% Urea)	11,79	a

Keterangan : Rerata dengan notasi yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata (a=5%).

Rerata Penurunan Total Kapang Setelah 1 Bulan Berdasarkan Starter *A. niger*. (%)

Starter <i>A.niger</i> (%)	Rerata Penurunan Total kapang Setelah 1 Bulan (%)	Notasi
1	12,85	a
3	12,81	a
5	12,19	a

Rerata Penurunan Total kapang Setelah 1 Bulan Berdasarkan Urea (%)

Urea (%)	Rerata Penurunan Total kapang Setelah 1 Bulan (%)	Notasi
0,25	7,129	a
0,50	7,755	a
0,75	7,820	a

Keterangan :

- ❖ Setiap data merupakan rerata tiga kelompok.
- ❖ Rerata dengan notasi yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata (a=5%).

Lampiran 4. Data Hasil Pengamatan dan Analisis Ragam Bakteri Kontaminan.

Data Hasil Pengamatan Bakteri Kontaminan (Log cfu/g).

No.	Perlakuan	Kelompok			Total	Rerata
		1	2	3		
1	A ₁ B ₁	6,21	6,04	6,39	18,640	6,213
2	A ₁ B ₂	6,28	6,26	6,32	18,858	6,286
3	A ₁ B ₃	6,33	6,40	6,14	18,861	6,287
4	A ₂ B ₁	7,65	7,45	7,16	22,264	7,421
5	A ₂ B ₂	7,40	7,40	7,49	22,290	7,430
6	A ₂ B ₃	7,43	7,68	7,64	22,740	7,580
7	A ₃ B ₁	7,35	7,59	7,57	22,500	7,500
8	A ₃ B ₂	7,48	7,77	7,54	22,795	7,598
9	A ₃ B ₃	7,26	7,85	7,74	22,853	7,618
	Total	63,380	64,437	63,984	191,801	
	Rerata	7,042	7,160	7,109		7,104

Tabel Dua Arah

Perlakuan	B ₁	B ₁	B ₁	Total
A ₁	18,640	18,858	18,861	56,359
A ₁	22,264	22,290	22,740	67,294
A ₁	22,500	22,795	22,853	68,148
Total	63,404	63,943	64,454	191,801

Tabel Analisis Ragam

SK	db	JK	KT	F hitung	Ket	F tabel	
						5%	1%
Kelompok	2	0,062	0,03	1,02	tn	3,36	6,23
Perlakuan	8	9,685	1,21	39,68	**	2,59	3,89
A	2	9,603	4,80	157,39	**	3,36	6,23
B	2	0,061	0,03	1,00	tn	3,36	6,23
A X B	4	0,02	0,01	0,17	tn	3,01	4,77
Galat	16	0,49	0,03				
Total	26	10,236					

Ket : tn = tidak berbeda nyata.
 * = berbeda nyata.
 ** = berbeda sangat nyata.

Lampiran 4. Lanjutan

Uji Jarak Duncan

- a = 0,05
- v = 16
- n = 3
- KTG = 0,03
- S? = $vKTG/n = 16 \times 0,03/3 = 0,1$

Nilai <i>d</i>	2	3	4	5	6	7	8	9
JND (a)	3	3,15	3,23	3,3	3,34	3,37	3,39	3,41
JNT (a)	0,3	0,315	0,323	0,33	0,334	0,337	0,339	0,341

Interaksi Antara Perlakuan Penambahan Starter *A. niger* dan Konsentrasi Urea Terhadap Penurunan Total kapang Setelah 1 Bulan

Perlakuan	Rerata Penurunan Total kapang Setelah 1 Bulan (Log cfu/g)	Notasi
A ₁ B ₁ (1% Starter; 0,25% Urea)	6,213	a
A ₁ B ₂ (1% Starter; 0,5% Urea)	6,286	a
A ₁ B ₃ (1% Starter; 0,75% Urea)	6,287	a
A ₂ B ₁ (3% Starter; 0,25% Urea)	7,421	b
A ₂ B ₂ (3% Starter; 0,5% Urea)	7,430	b
A ₂ B ₃ (3% Starter; 0,75% Urea)	7,580	b
A ₃ B ₁ (5% Starter; 0,25% Urea)	7,500	b
A ₃ B ₂ (5% Starter; 0,5% Urea)	7,598	b
A ₃ B ₃ (5% Starter; 0,75% Urea)	7,618	b

Keterangan : Rerata dengan notasi yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata (a=5%)..

Rerata Perlakuan Penambahan Starter *A.niger* Terhadap Bakteri Kontaminan.

Starter <i>A.niger</i> (%)	Rerata Bakteri Kontaminan (Log cfu/g)	Notasi
1	6,262	a
3	7,477	b
5	7,572	b

Rerata Perlakuan Penambahan Urea Terhadap Bakteri Kontaminan.

Urea (%)	Rerata Bakteri Kontaminan (Log cfu/g)	Notasi
0,25	7,045	a
0,50	7,105	a
0,75	7,162	a

Keterangan :

- ❖ Setiap data merupakan rerata tiga kelompok.
- ❖ Nilai rerata yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata (a=5%).

Lampiran 5. Data Hasil Pengamatan dan Analisis Ragam Penurunan Bakteri Kontaminan Setelah 1 bulan,

Data Pengamatan Penurunan Bakteri Kontaminan Setelah 1 Bulan (%)

No.	Perlakuan	Kelompok			Total	Rerata
		1	2	3		
1	A ₁ B ₁	16,63	13,38	19,71	49,71	16,57
2	A ₁ B ₂	16,53	16,80	15,80	49,13	16,38
3	A ₁ B ₃	16,92	17,89	15,12	49,93	16,64
4	A ₂ B ₁	15,07	19,22	13,33	47,62	15,87
5	A ₂ B ₂	12,81	16,88	18,15	47,84	15,95
6	A ₂ B ₃	14,23	18,64	19,86	52,74	17,58
7	A ₃ B ₁	11,01	16,11	18,97	46,08	15,36
8	A ₃ B ₂	14,28	11,63	15,95	41,86	13,95
9	A ₃ B ₃	15,79	13,93	19,54	49,26	16,42
	Total	133,276	144,483	156,422	434,182	
	Rerata	14,808	16,054	17,380		16,081

Tabel Dua Arah

Perlakuan	B ₁	B ₁	B ₁	Total
A ₁	49,71	49,13	49,93	148,77
A ₂	47,62	47,84	52,74	148,20
A ₃	46,08	41,86	49,26	137,21
Total	143,42	138,83	151,93	434,18

Tabel Analisis Ragam

SK	db	JK	KT	F hitung	Ket	F tabel	
						5%	1%
Kelompok	2	29,773	14,89	2,28	tn	3,36	6,23
Perlakuan	8	24,337	3,04	0,47	tn	2,59	3,89
A	2	9,447	4,72	0,72	tn	3,36	6,23
B	2	9,817	4,91	0,75	tn	3,36	6,23
A X B	4	5,07	1,27	0,19	tn	3,01	4,77
Galat	16	104,49	6,53				
Total	26	158,595					

Ket : tn = tidak berbeda nyata.
 * = berbeda nyata.
 ** = berbeda sangat nyata.

Lampiran 5. Lanjutan

Uji Jarak Duncan

- a = 0,05
- v = 16
- n = 3
- KTG = 0,03
- S? = $vKTG/n = 16 \cdot 0,03 / 3 = 0,16$

Nilai <i>d</i>	2	3	4	5	6	7	8	9
JND (a)	3	3,15	3,23	3,3	3,34	3,37	3,39	3,41
JNT (a)	1,398	1,468	1,505	1,538	1,556	1,570	1,580	1,589

Interaksi Antara Perlakuan Penambahan Starter *A. niger* dan Konsentrasi Urea Terhadap Penurunan Bakteri Kontaminan Setelah 1 Bulan

Perlakuan	Penurunan Bakteri Kontaminan Setelah 1 Bulan (%)	Notasi
A ₁ B ₁ (1% Starter; 0,25% Urea)	16,57	bc
A ₁ B ₂ (1% Starter; 0,5% Urea)	16,38	bc
A ₁ B ₃ (1% Starter; 0,75% Urea)	16,64	c
A ₂ B ₁ (3% Starter; 0,25% Urea)	15,87	b
A ₂ B ₂ (3% Starter; 0,5% Urea)	15,95	b
A ₂ B ₃ (3% Starter; 0,75% Urea)	17,58	c
A ₃ B ₁ (5% Starter; 0,25% Urea)	15,36	b
A ₃ B ₂ (5% Starter; 0,5% Urea)	13,95	a
A ₃ B ₃ (5% Starter; 0,75% Urea)	16,42	bc

Keterangan : Rerata dengan notasi yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata (a=5%).

Rerata Perlakuan Penambahan Starter *A.niger* Terhadap Bakteri Kontaminan Setelah 1 Bulan.

Starter <i>A.niger</i> (%)	Rerata Bakteri kontaminan Setelah 1 Bulan (%)	Notasi
1	16,53	a
3	16,47	a
5	15,25	a

Rerata Perlakuan Penambahan Urea Terhadap Bakteri Kontaminan Setelah 1 Bulan

Urea (%)	Rerata Bakteri Kontaminan (%)	Notasi
0,25	15,94	a
0,50	15,43	a
0,75	16,88	a

Keterangan :

- ❖ Setiap data merupakan rerata tiga kelompok.
- ❖ Nilai rerata yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata (a=5%).

Lampiran 6. Data Hasil Pengamatan dan Analisis Kadar Air Inokulum Asam Sitrat.

Data Hasil Pengamatan Kadar Air Inokulum (%).

No.	Perlakuan	Kelompok			Total	Rerata
		1	2	3		
1	A ₁ B ₁	11,17	11,12	10,11	32,41	10,80
2	A ₁ B ₂	11,57	10,16	10,32	32,05	10,68
3	A ₁ B ₃	11,14	10,21	11,23	32,58	10,86
4	A ₂ B ₁	12,62	10,28	10,68	33,58	11,19
5	A ₂ B ₂	12,85	10,36	12,38	35,58	11,86
6	A ₂ B ₃	13,12	10,97	13,71	37,81	12,60
7	A ₃ B ₁	13,12	13,65	11,04	37,81	12,60
8	A ₃ B ₂	13,89	11,78	12,43	38,10	12,70
9	A ₃ B ₃	13,30	12,60	12,59	38,49	12,83
	Total	112,78	101,14	104,49	318,41	
	Rerata	12,53	11,24	11,61		11,79

Tabel Dua Arah

Perlakuan	B ₁	B ₁	B ₁	Total
A ₁	32,41	32,05	32,58	97,03
A ₂	33,58	35,58	37,81	106,97
A ₃	37,81	38,10	38,49	114,40
Total	103,80	105,73	108,88	318,41

Tabel Analisis Ragam

SK	db	JK	KT	F hitung	Ket	F tabel	
						5%	1%
Kelompok	2	7,977	3,99	5,40	*	3,36	6,23
Perlakuan	8	19,980	2,50	3,38	*	2,59	3,89
A	2	16,879	8,44	11,43	**	3,36	6,23
B	2	1,457	0,73	0,99	tn	3,36	6,23
A X B	4	1,64	0,41	0,56	tn	3,01	4,77
Galat	16	11,82	0,74				
Total	26	39,775					

Ket : tn = tidak berbeda nyata.
 * = berbeda nyata.
 ** = berbeda sangat nyata.

Lampiran 6. Lanjutan.
Uji Jarak Duncan

$$\begin{aligned} a &= 0,05 \\ v &= 16 \\ n &= 3 \\ KTG &= 0,74 \\ S_y &= vKTG/n = \sqrt{0,006/3} = 0,50 \end{aligned}$$

Nilai d	2	3	4	5	6	7	8	9
JND (a)	3	3,15	3,23	3,3	3,34	3,37	3,39	3,41
JNT (a)	1,50	1,58	1,62	1,65	1,67	1,69	1,70	1,71

Interaksi Antara Perlakuan Penambahan Starter *A. niger* dan Konsentrasi Urea Terhadap Kadar Air Inokulum.

Perlakuan	Kadar Air Inokulum (%)	Notasi
A ₁ B ₁ (1% Starter; 0,25% Urea)	10,80	a
A ₁ B ₂ (1% Starter; 0,5% Urea)	10,68	a
A ₁ B ₃ (1% Starter; 0,75% Urea)	10,86	a
A ₂ B ₁ (3% Starter; 0,25% Urea)	11,19	ab
A ₂ B ₂ (3% Starter; 0,5% Urea)	11,86	ab
A ₂ B ₃ (3% Starter; 0,75% Urea)	12,60	b
A ₃ B ₁ (5% Starter; 0,25% Urea)	12,60	b
A ₃ B ₂ (5% Starter; 0,5% Urea)	12,70	b
A ₃ B ₃ (5% Starter; 0,75% Urea)	12,83	b

Keterangan : Rerata dengan notasi yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata (a=5%).

Rerata Perlakuan Total Starter *A. niger* Terhadap Kadar Air Inokulum.

Starter <i>A. niger</i> (%)	Rerata Kadar Air (%)	Notasi
1	10,78	a
3	11,89	ab
5	12,71	b

Rerata Perlakuan Total Penambahan Urea Terhadap Kadar Air Inokulum.

Urea (%)	Rerata Kadar Air (%)	Notasi
0,25	11,53	a
0,50	11,75	a
0,75	12,10	a

Keterangan :

- ❖ Setiap data merupakan rerata tiga kelompok.
- ❖ Nilai rerata yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata (a=5%).

Lampiran 7. Data Hasil Pengamatan dan Analisis Ragam Rendemen Inokulum.

Data Hasil Pengamatan Rendemen (%).

No.	Perlakuan	Kelompok			Total	Rerata
		1	2	3		
1	A ₁ B ₁	47,57	44,06	51,07	142,70	47,57
2	A ₁ B ₂	48,47	45,02	51,92	145,41	48,47
3	A ₁ B ₃	49,34	45,96	52,73	148,03	49,34
4	A ₂ B ₁	48,73	45,23	52,23	146,19	48,73
5	A ₂ B ₂	49,37	45,93	52,81	148,12	49,37
6	A ₂ B ₃	50,23	46,85	53,61	150,68	50,23
7	A ₃ B ₁	49,05	45,56	52,54	147,16	49,05
8	A ₃ B ₂	49,93	46,50	53,36	149,78	49,93
9	A ₃ B ₃	50,77	47,40	54,15	152,32	50,77
	Total	443,46	412,50	474,43	1330,39	
	Rerata	49,27	45,83	52,71		49,27

Tabel Dua Arah

Perlakuan	B ₁	B ₂	B ₃	Total
A ₁	142,70	145,41	148,03	436,14
A ₂	146,19	148,12	150,68	445,00
A ₃	147,16	149,78	152,32	449,26
Total	436,05	443,31	451,03	1330,39

Tabel Analisis Ragam

SK	db	JK	KT	F hitung	Ket	F tabel	
						5%	1%
Kelompok	2	213,013	106,51	39939,72	**	3,36	6,23
Perlakuan	8	22,495	2,81	1054,45	**	2,59	3,89
A	2	9,943	4,97	1864,32	**	3,36	6,23
B	2	12,466	6,23	2337,43	**	3,36	6,23
A X B	4	0,09	0,02	8,02	**	3,01	4,77
Galat	16	0,04	0,003				
Total	26	235,551					

Ket : tn = tidak berbeda nyata.

* = berbeda nyata.

** = berbeda sangat nyata.

Lampiran 7. Lanjutan.

Uji Jarak Duncan

a = 0,05
 v = 16
 n = 3
 KTG = 0,03
 S? = $vKTG/n = 16 \times 0,003/3 = 0,032$

Nilai <i>d</i>	2	3	4	5	6	7	8	9
JND (a)	3	3,15	3,23	3,3	3,34	3,37	3,39	3,41
JNT (a)	0,096	0,101	0,103	0,106	0,107	0,108	0,108	0,109

Interaksi Antara Perlakuan Penambahan Starter *A. niger* dan Konsentrasi Urea Terhadap Randemen Inokulum.

Perlakuan	Randemen Inokulum (%)	Notasi
A ₁ B ₁ (1% Starter; 0,25% Urea)	47,57	a
A ₁ B ₂ (1% Starter; 0,5% Urea)	48,47	b
A ₁ B ₃ (1% Starter; 0,75% Urea)	49,34	e
A ₂ B ₁ (3% Starter; 0,25% Urea)	48,73	c
A ₂ B ₂ (3% Starter; 0,5% Urea)	49,37	ef
A ₂ B ₃ (3% Starter; 0,75% Urea)	50,23	h
A ₃ B ₁ (5% Starter; 0,25% Urea)	49,05	d
A ₃ B ₂ (5% Starter; 0,5% Urea)	49,93	g
A ₃ B ₃ (5% Starter; 0,75% Urea)	50,77	i

Keterangan : Rerata dengan notasi yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata (a=5%).

Rerata Perlakuan Penambahan Starter *A. niger* Terhadap Randemen.

Starter <i>A. niger</i> (%)	Rerata Kadar Air (%)	Notasi
1	48,46	a
3	49,44	b
5	49,92	c

Rerata Perlakuan Total Penambahan Urea Terhadap Kadar Air

Urea (%)	Rerata Rendemen (%)	Notasi
0,25	48,45	a
0,50	49,26	b
0,75	50,11	c

Keterangan :

- ❖ Setiap data merupakan rerata tiga kelompok.
- ❖ Nilai rerata yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata (a=5%).

Lampiran 8. Data Hasil Pengamatan Persentase Asam Sitrat .

Data Hasil Pengamatan Persentase Asam Sitrat (%)

No.	Perlakuan	Kelompok			Total	Rerata
		1	2	3		
1	A ₁ B ₁	1,03	1,12	1,15	3,30	1,10
2	A ₁ B ₂	1,25	1,14	1,27	3,67	1,22
3	A ₁ B ₃	1,15	1,36	1,35	3,86	1,29
4	A ₂ B ₁	1,30	1,42	1,37	4,09	1,36
5	A ₂ B ₂	1,37	1,36	1,47	4,19	1,40
6	A ₂ B ₃	1,38	1,38	1,50	4,25	1,42
7	A ₃ B ₁	1,43	1,75	1,93	5,11	1,70
8	A ₃ B ₂	1,89	2,04	2,17	6,10	2,03
9	A ₃ B ₃	2,26	2,67	2,86	7,79	2,60
	Total	13,05	14,24	15,06	42,35	
	Rerata	1,45	1,58	1,67		1,57

Tabel Dua Arah

Perlakuan	B ₁	B ₁	B ₁	Total
A ₁	3,30	3,67	3,86	10,83
A ₂	4,09	4,19	4,25	12,53
A ₃	5,11	6,10	7,79	19,00
Total	12,50	13,97	15,89	42,35

Tabel Analisis Ragam

SK	db	JK	KT	F hitung	Ket	F tabel	
						5%	1%
Kelompok	2	0,226	0,11	8,94	**	3,36	6,23
Perlakuan	8	5,411	0,68	53,39	**	2,59	3,89
A	2	4,131	2,07	163,04	**	3,36	6,23
B	2	0,643	0,32	25,39	**	3,36	6,23
A X B	4	0,64	0,16	12,56	**	3,01	4,77
Galat	16	0,20	0,0125				
Total	26	5,841					

Ket : tn = tidak berbeda nyata.

* = berbeda nyata.

** = berbeda sangat nyata.

Lampiran 8. Lanjutan.

Uji Jarak Duncan

a = 0,05
 v = 16
 n = 3
 KTG = 0,0125
 S? = $vKTG/n = 16 \cdot 0,0125 / 3 = 0,0667$

Nilai <i>d</i>	2	3	4	5	6	7	8	9
JND (a)	3	3,15	3,23	3,3	3,34	3,37	3,39	3,41
JNT (a)	0,192	0,202	0,207	0,211	0,214	0,216	0,217	0,218

Interaksi Antara Perlakuan Penambahan Starter *A. niger* dan Konsentrasi Urea Terhadap Persentase Asam Sitrat.

Perlakuan	Persentase Asam Sitrat (%)	Notasi
A ₁ B ₁ (1% Starter; 0,25% Urea)	1,10	a
A ₁ B ₂ (1% Starter; 0,5% Urea)	1,22	ab
A ₁ B ₃ (1% Starter; 0,75% Urea)	1,29	b
A ₂ B ₁ (3% Starter; 0,25% Urea)	1,36	b
A ₂ B ₂ (3% Starter; 0,5% Urea)	1,40	b
A ₂ B ₃ (3% Starter; 0,75% Urea)	1,42	b
A ₃ B ₁ (5% Starter; 0,25% Urea)	1,70	c
A ₃ B ₂ (5% Starter; 0,5% Urea)	2,03	d
A ₃ B ₃ (5% Starter; 0,75% Urea)	2,60	e

Keterangan : Rerata dengan notasi yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata (a=5%).

Rerata Perlakuan Penambahan Starter *A.niger* Terhadap Persentase Asam Sitrat.

Starter <i>A.niger</i> (%)	Persentase Asam Sitrat.(%)	Notasi
1	1,20	a
3	1,39	b
5	2,11	c

Rerata Perlakuan Penambahan Urea Terhadap Persentase Asam Sitrat.

Urea (%)	Persentase Asam Sitrat (%)	Notasi
0,25	1,39	a
0,50	1,55	ab
0,75	1,77	c

Keterangan :

- Setiap data merupakan rerata tiga kelompok.
- Nilai rerata yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata (a=5%).

Lampiran 9. Penentuan Alternatif Terbaik

Ketentuan yang digunakan pada *Multiple Atribut* adalah sebagai berikut :

1. Total kapang inokulum : terbesar
2. Penurunan total kapang setelah satu bulan : terkecil
3. Bakteri kontaminan : terkecil
4. Penurunan bakteri kontaminan : terbesar
5. Kadar air : terkecil
6. Rendemen : terbesar
7. Asam sitrat yang dihasilkan : terbesar

Atribut	Alternatif								
	A ₁ B ₁	A ₁ B ₂	A ₁ B ₃	A ₂ B ₁	A ₂ B ₂	A ₂ B ₃	A ₃ B ₁	A ₃ B ₂	A ₃ B ₃
Total kapang	6,560	6,577	6,593	7,709	7,715	7,767	7,816	7,841	7,876
Penurunan kapang	12,09	13,39	13,07	13,13	12,37	12,91	12,27	12,51	11,79
Bakteri kontaminan	6,213	6,286	6,287	7,421	7,430	7,580	7,500	7,598	7,618
Penurunan bakteri	16,57	16,38	16,64	15,87	15,95	17,58	15,36	13,95	16,42
Kadar air	10,80	10,68	10,86	11,19	11,86	12,60	12,60	12,70	12,83
Rendemen	47,57	48,47	49,34	48,73	49,37	50,23	49,05	49,93	50,77
Asam sitrat	1,10	1,22	1,29	1,36	1,40	1,42	1,70	2,03	2,60

<i>d</i>	0,833	0,835	0,837	0,979	0,980	0,986	0,992	0,996	1,000
<i>d</i>	0,975	0,881	0,902	0,898	0,953	0,913	0,961	0,942	1,000
<i>d</i>	1,000	0,988	0,988	0,837	0,836	0,820	0,828	0,818	0,816
<i>d</i>	0,943	0,932	0,947	0,903	0,907	1,000	0,874	0,794	0,934
<i>d</i>	0,989	1,000	0,983	0,954	0,901	0,848	0,848	0,841	0,832
<i>d</i>	0,937	0,955	0,972	0,960	0,972	0,989	0,966	0,983	1,000
<i>d</i>	0,423	0,469	0,496	0,523	0,538	0,546	0,654	0,781	1,000

L1	0,137	0,133	0,124	0,134	0,129	0,127	0,124	0,120	0,059
L2	0,009	0,007	0,006	0,006	0,005	0,006	0,004	0,003	0,001
L8	0,091	0,076	0,072	0,068	0,066	0,066	0,050	0,031	0,026

Lampiran 10. Asumsi Dasar

Asumsi dasar yang digunakan untuk merancang proses produksi inokulum asam sitrat ini adalah sebagai berikut :

1. Perusahaan merupakan industri skala kecil
2. Perusahaan melakukan satu kali produksi dalam tiap harinya.
3. Bahan baku dan bahan pembantu tersedia sepanjang tahun
4. Perusahaan bekerja 25 hari/bulan.
5. Produk dalam keadaan normal sebagai pendaatang baru yaitu produk inokulum asam sitrat dengan kapasitas produksi 50 kemasan @ 250 g (12,5 Kg inokulum).
6. Rendemen 50,77 % dari perlakuan terbaik yaitu dengan penambahan starter *A. niger* 5 % dan penambahan urea sebesar 0,75 %.
7. Mesin dan peralatan yang digunakan sederhana

Lampiran 11. Data UKM Tape di Kecamatan Tamanan Bondowoso.

Nama Pemilik	Bahan Baku / Hari (Kg)	Bahan Jadi/Hari (Kg)	Rendemen (%)	Kulit Ubi Kayu (Kg)
Ibu Nuryati	150	98	65,5	52
Ibu Suryani	150	94	63	56
Bpk. Ali	200	144	72	56
Bpk Siswanto	200	140	70	60
Ibu Siti Rochim	150	97	65	53



Lampiran 12. Perancangan Proses Produksi Inokulum

A. Kebutuhan bahan baku dan bahan pembantu

Bahan baku dan bahan tambahan yang dibutuhkan untuk menghasilkan inokulum 100 kemasan (@250 g) dalam satu kali produksi, selama satu bulan (25 hari) adalah sebagai berikut :

1. Kulit ubi kayu = 50 Kg x 25 hari = 1.250 Kg/ bulan
2. Beras = 3 Kg x 25 hari = 75 Kg/bulan
Kultur murni *A.niger* = 2 x 25 = 50 kultur murni *A.niger*/bulan
3. Urea = 0,375 Kg x 25 hari = 9,375 Kg/bulan
4. Air = ± 1 M³/bulan

B. Perhitungan Waktu Proses

Perhitungan waktu proses produksi dilakukan terhadap tiga tahapan dalam pembuatan inokulum asam sitrat.

➤ Peremajaan kultur murni *A.niger*

1. Penambahan PDA dengan aquades = 3 menit
2. Pemanasan larutan PDA = 5 menit
3. Dimasukkan dalam tabung reaksi = 20 menit
4. Sterilisasi dalam autoclaf = 20 menit
5. Inokulasi = 10 menit
6. Inkubasi = 48 jam = 2.880 menit
7. Pemeriksaan = 5 menit

Total waktu proses dalam peremajaan kultur murni *A.niger* adalah 2.943 menit

➤ Pembuatan starter

1. Pencucian beras = 10 menit
2. Perebusan Beras = 10 menit
3. Penambahan air = 5 menit
4. Sterilisasi dalam autoclaf = 20 menit
5. Inokulasi = 10 menit
6. Inkubasi = 48 jam = 2.880 menit.
7. Pengeringan = 1.440 menit
8. Penghalusan = 60 menit
9. Pemeriksaan = 10 menit

Total waktu proses dalam pembuatan starter adalah 4.445 menit

➤ **Pembuatan Inokulum**

1. Pengeringan kulit ubi kayu
 Kapasitas alat 25 Kg, waktu proses 1.440 menit
 Penggunaan alat = $\frac{50 \text{ Kg}}{25 \text{ Kg}} = 2 \text{ Kali}$
 Total waktu proses = 2 kali x 1440 menit = 2.880 menit
2. Penggilingan
 Kapasitas alat 5 Kg, waktu proses 5 menit
 Penggunaan alat = $\frac{50 \text{ Kg}}{5 \text{ Kg}} = 10 \text{ Kali}$
 Total waktu proses = 10 kali x 5 menit = 50 menit
3. Penambahan air = 10 menit
4. Sterilisasi
 Kapasitas alat 10 Kg, waktu proses 20 menit
 Penggunaan alat = $\frac{50 \text{ Kg}}{10 \text{ Kg}} = 5 \text{ Kali}$
 Total waktu proses = 5 kali x 20 menit = 100 menit
5. Penambahan inokulum starter *A.niger* = 10 menit
6. Penambahan urea = 10 menit
7. Inkubasi dilakukan selama 7 hari = 10.080 menit
8. Pengeringan
 Kapasitas alat 25 Kg, waktu proses 1.440 menit
 Penggunaan alat = $\frac{50 \text{ Kg}}{25 \text{ Kg}} = 2 \text{ Kali}$
 Total waktu proses = 2 kali x 1440 menit = 2.880 menit
9. Penghalusan
 Kapasitas alat 5 Kg, waktu proses 20 menit
 Penggunaan alat = $\frac{50 \text{ Kg}}{5 \text{ Kg}} = 10 \text{ Kali}$
 Total waktu proses = 10 kali x 20 menit = 100 menit
10. Pengayakan dilakukan selama 30 menit
11. Pengemasan
 Total pengemas yang disealer adalah 100 strip dengan waktu 5 detik
 Total waktu proses = 100 kali x 3 detik = 300 detik = 8,3 menit
12. Pemeriksaan = 5 menit

Total waktu proses dalam pembuatan inokulum adalah 16.153,3 menit

Jadi total waktu yang dibutuhkan untuk menghasilkan inokulum asam sitrat adalah 2.943 menit + 4.445 menit + 16.153,3 menit = 23.541,3 menit = 392,3 jam (17 hari)

B. Kebutuhan listrik

Kebutuhan terhadap daya listrik ditentukan dengan menghitung konsumsi listrik yang digunakan oleh masing-masing peralatan dalam setiap tahap pembuatan inokulum asam sitrat.

➤ Peremajaan *A.niger*

1. Autoclaf

Daya 2.000 W, 220 V.

Waktu proses = $\frac{20 \text{ menit}}{60 \text{ menit}} = 0,3 \text{ jam}$

Daya yang dibutuhkan adalah $0,3 \text{ jam} \times 2.000 \text{ W} = 600 \text{ W} = 0,6 \text{ KWH}$

2. Lemari es

Daya 60 W, 220 V.

Waktu proses = 24 jam

Daya yang dibutuhkan adalah $24 \text{ jam} \times 60 \text{ W} = 1.440 \text{ W} = 1,44 \text{ KWH}$

Total daya yang dibutuhkan untuk peremajaan *A.niger* 2,04 KWH

➤ Pembuatan starter

1. Pengereng Kabinet

Daya 375 W, 220 V.

Waktu proses = $\frac{1.440 \text{ menit}}{60 \text{ menit}} = 24 \text{ jam}$

Daya yang dibutuhkan adalah $24 \text{ jam} \times 375 \text{ W} = 9.000 \text{ W} = 9 \text{ KWH}$

2. Autoclaf

Daya 2.000 W, 220 V.

Waktu proses = $\frac{20 \text{ menit}}{60 \text{ menit}} = 0,3 \text{ jam}$

Daya yang dibutuhkan adalah $0,3 \text{ jam} \times 2.000 \text{ W} = 600 \text{ W} = 0,6 \text{ KWH}$

3. Blender

Daya 200 W, 220 V.

Waktu proses = $\frac{60 \text{ menit}}{60 \text{ menit}} = 1 \text{ jam}$

Daya yang dibutuhkan adalah $1 \text{ jam} \times 200 \text{ W} = 200 \text{ W} = 0,2 \text{ KWH}$

Total daya yang dibutuhkan untuk pembuatan starter 9,8 KWH

➤ **Pembuatan Inokulum**

1. Pengering Kabinet

Daya 375 W, 220 V.

Waktu proses = $\frac{2.880 \text{ menit}}{60 \text{ menit}} = 48 \text{ jam}$

Daya yang dibutuhkan adalah $48 \text{ jam} \times 375 \text{ W} = 18.000 \text{ W} = 18 \text{ KWH}$

Pengeringan dilakukan selama 2 kali sehingga daya yang dibutuhkan sebesar 36 KWH

2. Mesin Penggiling

Daya 3000 W, 220 V.

Waktu proses = $\frac{50 \text{ menit}}{60 \text{ menit}} = 0,83 \text{ jam}$

Daya yang dibutuhkan adalah $0,83 \text{ jam} \times 3000 \text{ W} = 2.500 \text{ W} = 2,5 \text{ KWH}$

Penggilingan dilakukan selama 2 kali sehingga daya yang dibutuhkan sebesar 5 KWH

3. Autoclaf

Daya 2.000 W, 220 V.

Waktu proses = $\frac{100 \text{ menit}}{60 \text{ menit}} = 1,7 \text{ jam}$

Daya yang dibutuhkan adalah $1,7 \text{ jam} \times 2.000 \text{ W} = 3.400 \text{ W} = 3,4 \text{ KWH}$

4. Shealer

Daya 50 W, 220 V.

Waktu proses = $\frac{8,3 \text{ menit}}{60 \text{ menit}} = 0,14 \text{ jam}$

Daya yang dibutuhkan adalah $0,14 \text{ jam} \times 50 \text{ W} = 7 \text{ W} = 0,007 \text{ KWH}$

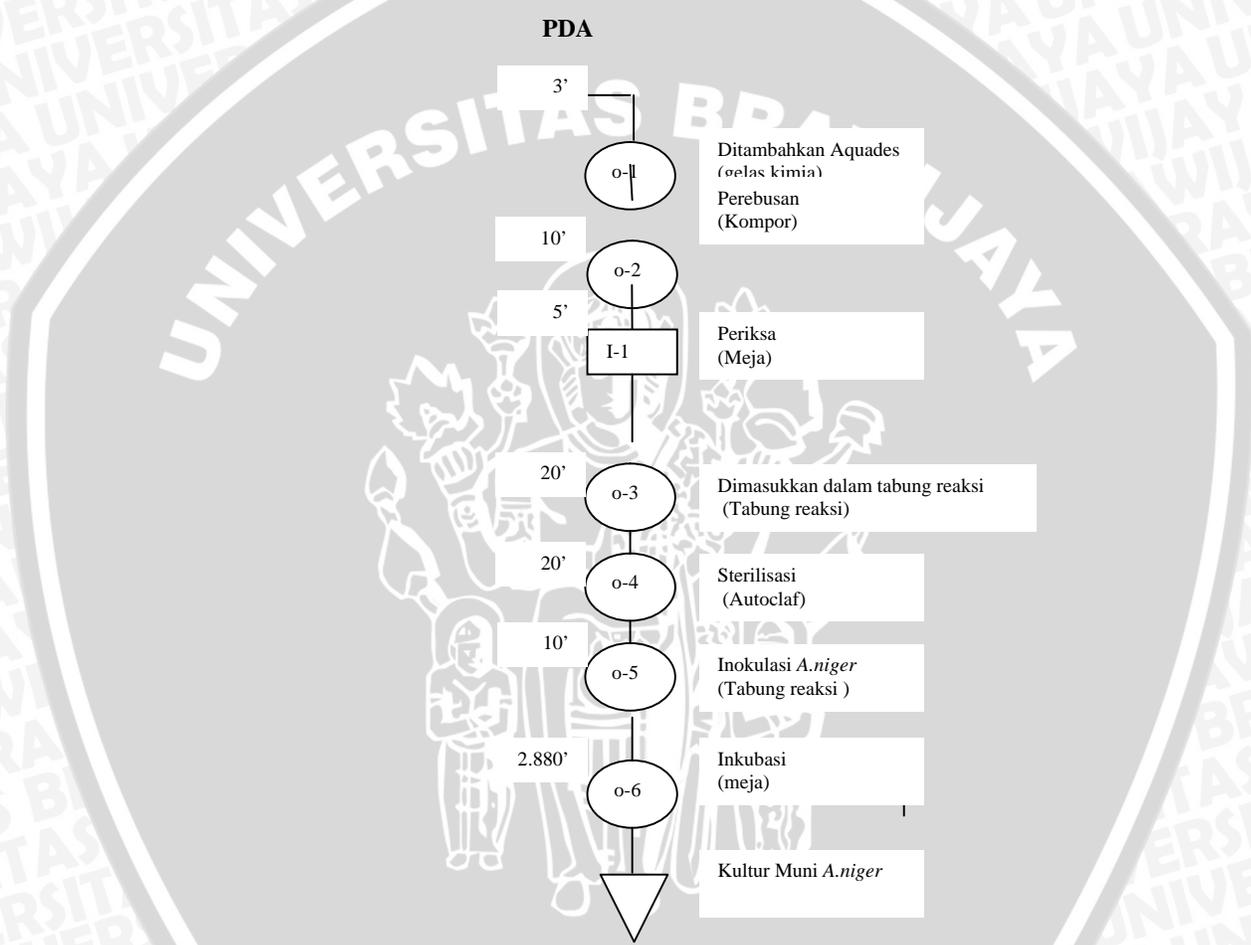
Total daya yang dibutuhkan untuk pembuatan inokulum 26,407 KW

Jadi total kebutuhan listrik untuk pembuatan inokulum asam sitrat dalam satu kali produksi adalah $2,04 \text{ KWH} + 9,8 \text{ KWH} + 26,407 \text{ KW} = 38,247 \text{ KWH}$

Lampiran 13. Peta Proses Operasi Peremajaan Kultur Murni *A.niger*

Peta Proses Operasi

Dipetakan oleh : Mustajib Junaidi A
 Nama obyek : Kultur Murni *A.niger*
 Tanggal dipetakan : 12 Juni 2006
 Nomer peta : 1 (Satu)

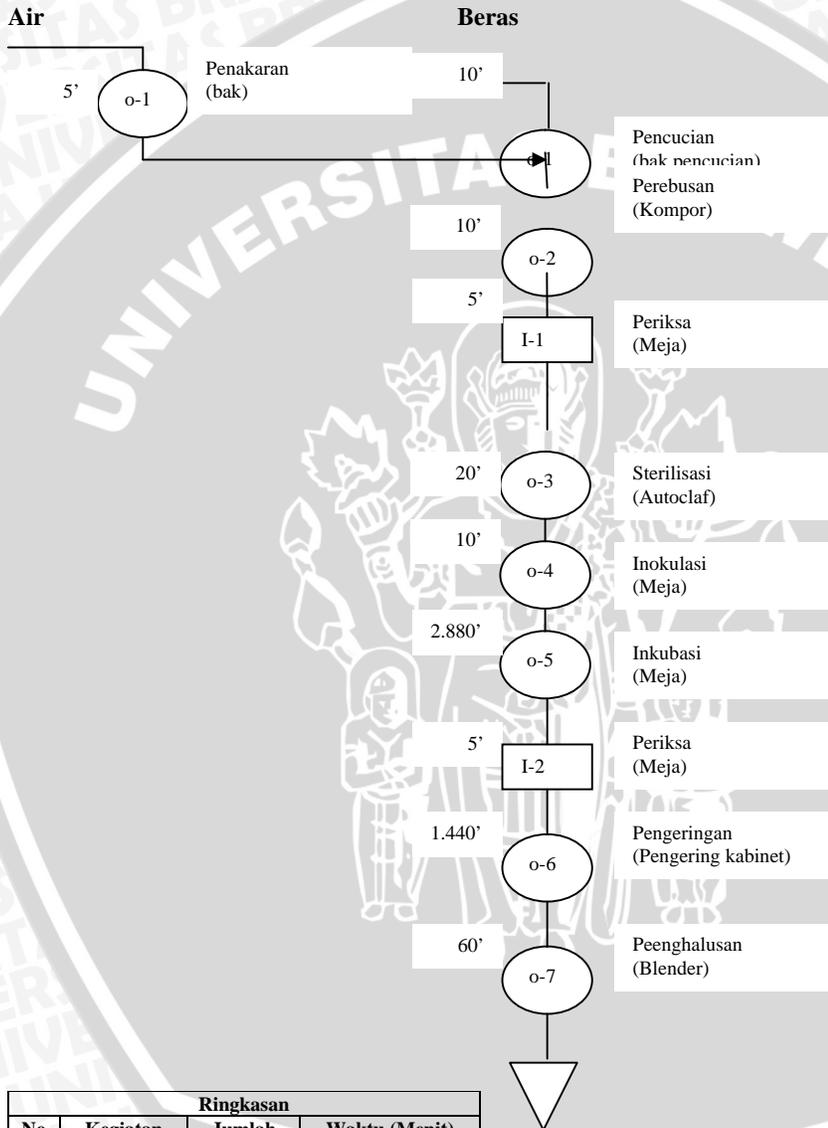


Ringkasan			
No	Kegiatan	Jumlah	Waktu (Menit)
1.		6	2.938
2		1	5
	Total	7	2.943

Lampiran 14. Peta Proses Operasi Pembuatan Starter *A.niger*

Peta Proses Operasi

Dipetakan oleh : Mustajib junaidi A
 Nama obyek : Starter *A.niger*
 Tanggal dipetakan : 12 Juni 2006
 Nomer peta : 2 (Dua)

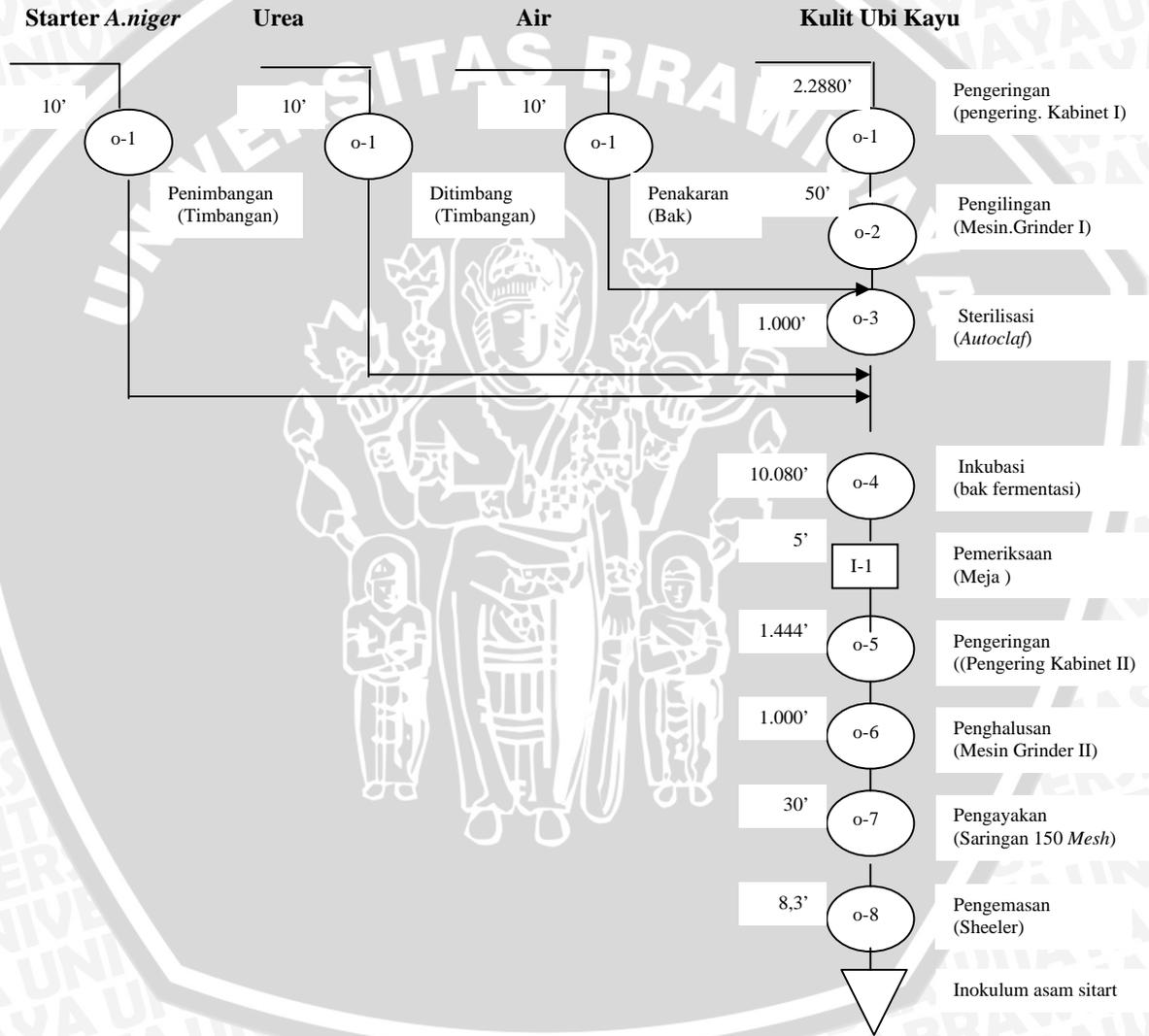


Ringkasan			
No	Kegiatan	Jumlah	Waktu (Menit)
1.	○	8	4.430
2.	□	2	10
	Total	10	4.445

Lampiran 15. Peta Proses Operasi Pembuatan Inokulum Asam Sitrat

Peta Proses Operasi

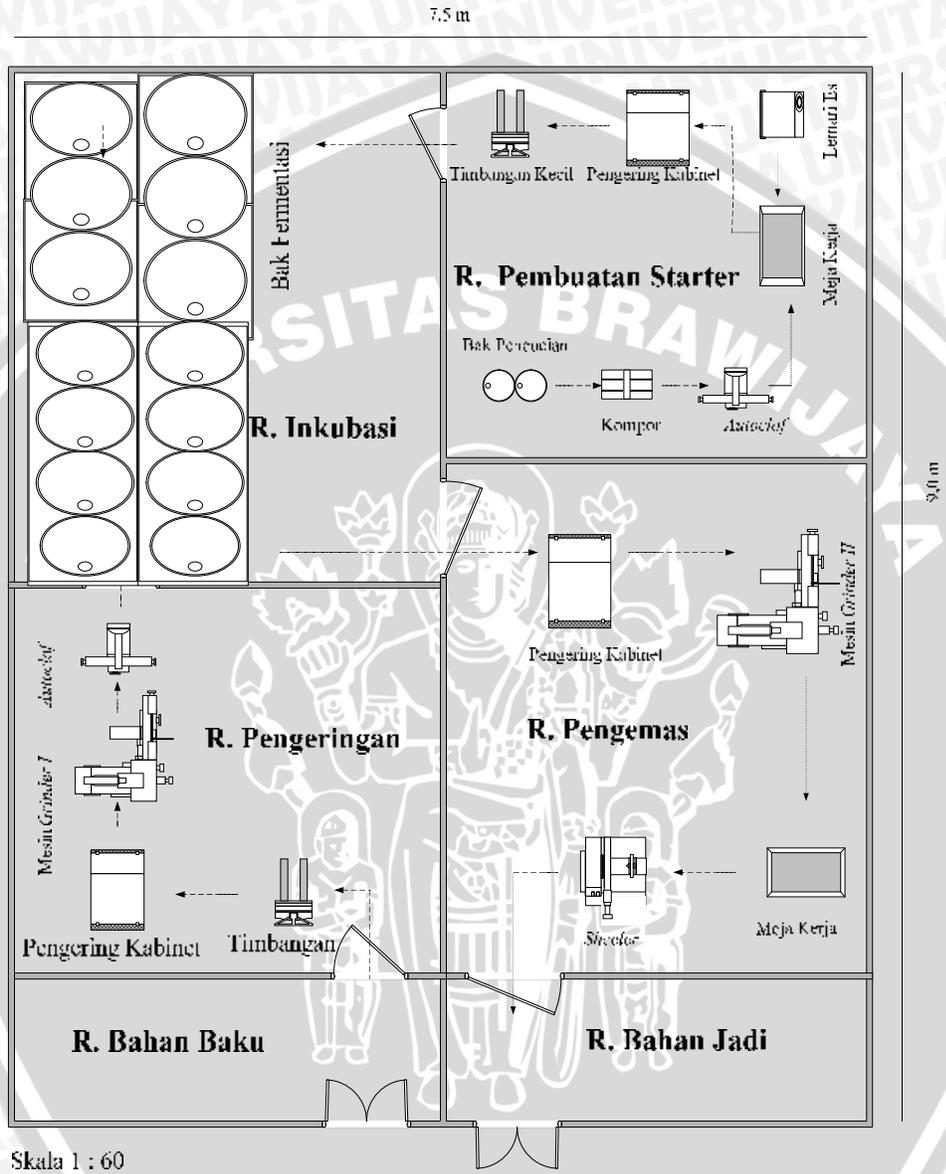
Dipetakan oleh : Mustajib Junaidi A
 Nama obyek : Tepung Inokulum asam sitrat
 Tanggal dipetakan : 12 Juni 2006
 Nomer peta : 3 (Tiga)



Lampiran 16. Perhitungan Luas Lantai

No	Ruang	Luas Mesin (m ²)	Jumlah Mesin (Unit)	Total Luas Mesin (m ²)	Kelonggaran			Luas Lantai (m ²)
					Alat 50 (%)	Bahan (50%)	Tenaga Kerja (50%)	
1.	Bahan Baku	5,00	-	-	-	-	-	5,00
2.	Pengeringan dan Penggilingan							
	- Pengering Kabinet	1,20	1	1,20	0,60	0,60	0,60	3,00
	- Timbangan	0,80	1	0,80	0,40	0,40	0,40	2,00
	- Mesin <i>Grinder</i>	1,30	1	1,30	0,65	0,65	0,65	3,25
	- Tabung <i>Autoclaf</i>	0,60	1	0,60	0,30	0,30	0,30	1,50
3.	Inokulasi dan Inkubasi							
	- Bak fermentasi	0,60	14	8,40	4,20	4,20	4,20	21,00
4.	Peremajaan dan pembuatan starter							
	- Bak pencucian	0,80	2	1,60	0,80	0,80	0,80	3,00
	- Kompor	0,60	1	0,60	0,30	0,30	0,30	1,50
	- Tabung <i>Autoclaf</i>	0,60	1	0,60	0,30	0,30	0,30	1,50
	- Meja kerja	1,40	1	1,40	0,70	0,70	0,70	3,50
	- Lemari es	1,00	1	1,00	0,50	0,50	0,50	2,50
	- Pengereng Kabinet	1,20	1	1,20	0,60	0,60	0,60	3,00
	- Timbangan Kecil	0,30	1	0,30	0,15	0,15	0,15	
5.	Pengemas							
	- Pengering Kabinet	1,20	1	1,20	0,60	0,60	0,60	3,00
	- Mesin <i>Grinder</i>	1,30	1	1,30	0,65	0,65	0,65	3,25
	- Meja kerja	1,40	1	1,40	0,70	0,70	0,70	3,50
	- <i>Sheeler</i>	0,50	1	0,50	0,25	0,25	0,25	1,25
6.	Bahan Jadi	5,00	-	-	-	-	-	5,00
	Luas Total Lantai							66,75

Lampiran 17. Tata Letak Fasilitas



Lampiran 18. Gambar Bahan Baku Kulit Ubi Kayu dan Inokulum



Gambar Bahan Baku Kulit Ubi Kayu



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.

