

PROYEK AKHIR

**PENGUJIAN FUNGSI DAN KINERJA MESIN
FERMENTASI BAWANG PUTIH**



POLITEKNIK NEGERI BALI

Oleh

I MADE SUDIATMIKA

**PROGRAM STUDI D3 TEKNIK PENDINGIN DAN TATA
UDARA**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI BALI**

2024

PROYEK AKHIR

**PENGUJIAN FUNGSI DAN KINERJA MESIN
FERMENTASI BAWANG PUTIH**



POLITEKNIK NEGERI BALI

Oleh

I MADE SUDIATMIKA

NIM. 2015223001

**PROGRAM STUDI D3 TEKNIK PENDINGIN DAN TATA
UDARA**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI BALI**

202

LEMBAR PENGESAHAN

**PENGUJIAN FUNGSI DAN KINERJA MESIN
FERMENTASI BAWANG PUTIH**

Oleh :

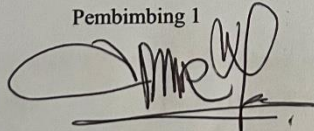
I MADE SUDIATMIKA

NIM : 2015223001

Diajukan sebagai persyaratan dalam menyelesaikan pendidikan
Program Studi D3 Teknik Pendingin dan Tata Udara
Jurusan Teknik Mesin
Politeknik Negeri Bali

Disetujui oleh:

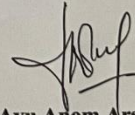
Pembimbing 1



Prof. I Nyoman Suamir, ST, MSc, PhD

NIP. 196503251991031002

Pembimbing 2



Dr. Ida Ayu Anom Arsani, SSI, MPd

NIP. 197008191998022001

Disahkan oleh:

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Dr. Ir. I Gede Santosa, MErg

NIP. 196609241993031003

LEMBAR PERSETUJUAN

**PENGUJIAN FUNGSI DAN KINERJA MESIN
FERMENTASI BAWANG PUTIH**

Oleh :

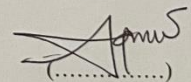
I MADE SUDIATMIKA
NIM. 2015223001

Proyek Akhir ini telah dipertahankan di depan Tim Penguji dan diterima untuk dapat dicetak sebagai Buku Proyek Akhir pada hari/tanggal:
26 Agustus 2024

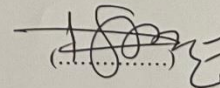
Tim Penguji

**Tanda
Tangan**

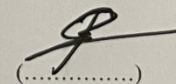
Penguji I : I Dewa Gede Agus Tri Putra, ST, MT
NIP : 197611202003121001


(.....)

Penguji II : Ir. Daud Simon Anakottapary, MT
NIP : 196411151994031003


(.....)

Penguji III : Dr. Ir. I Gede Santosa, MErg
NIP : 196609241993031003


(.....)

PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : I Made Sudiatmika
NIM : 2015223001
Program Studi : D3 Teknik Pendingin dan Tata Udara
Judul Proyek Akhir : PENGUJIAN FUNGSI DAN KINERJA MESIN
FERMENTASI BAWANG PUTIH

Dengan ini menyatakan bahwa karya ilmiah Proyek Akhir ini bebas plagiat. Apabila dikemudian hari terbukti plagiat, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai Peraturan Mendiknas RI No. 17 Tahun 2010 dan Perundang-undangan yang berlaku.

Badung, 13 Februari
2024 Yang membuat
pernyataan



I Made Sudiatmika
NIM. 2015223001

UCAPAN TERIMA KASIH

Buku proyek akhir ini dapat disusun adalah atas dukungan dari banyak pihak yang juga berperan dalam memberikan bantuan baik secara material maupun bersifat non-material. Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan bimbingan dan bantuan dalam penyelesaian buku proyek akhir ini, antara lain:

1. Bapak I Nyoman Abdi, SE, M.eCom, selaku Direktur Politeknik Negeri Bali
2. Bapak Dr. Ir. I Gede Santosa, MReg, selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin
3. Bapak I Kadek Ervan Hadi Wiryanta, ST, MT, selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin
4. Bapak Ir. I Wayan Adi Subagia, MT, selaku Ketua Program Studi Diploma 3 Teknik Pendingin dan Tata Udara
5. Bapak Prof. I Nyoman Suamir, ST, MSc, PhD, selaku dosen Pembimbing-1 yang selalu memberikan bimbingan kepada penulis, sehingga Proyek Akhir ini dapat terselesaikan.
6. Ibu Dr. Ida Ayu Anom Arsani, SSi, MPd, selaku dosen pembimbing-2 yang juga selalu memberikan bimbingan kepada penulis, sehingga Proyek Akhir ini dapat terselesaikan.
7. Segenap dosen dan seluruh staf akademik serta tendik yang telah membantu dan memberikan fasilitas dan pengarahan pada penulis hingga dapat menunjang dalam penyelesaian proposal proyek akhir ini.
8. Kedua orang tua tercinta yang selama ini telah membantu penulis dalam bentuk perhatian, kasih sayang, semangat, serta doa demi kelancaran dan kesuksesan dalam penyelesaian proposal proyek akhir ini
9. Kemudian terima kasih banyak untuk kakak tercinta yang telah memberikan dukungan serta perhatian kepada penulis
10. Teman-teman yang seperjuangan di program studi teknik pendingin dan tata udara sebagai teman seperjuangan dalam menyelesaikan proyek akhir ini.
11. Sahabat-sahabat yang telah memberikan dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan proyek akhir ini
12. Serta semua pihak yang berperan penting dalam penyelesaian proyek akhir ini.

Dan sebagai akhir kata, penulis sangat berharap buku proyek akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pembaca pada umumnya dan segenap civitas akademika Politeknik Negeri Bali pada khususnya.

Badung, 18 Januari 2024

(I Made Sudiarmika)

ABSTRAK

Black garlic adalah fermentasi dari bawang putih yang dipanaskan dengan suhu antara 70-80°C dan mendekati 100% dari suhu kamar selama 12 hari. Untuk membuat black garlic ini dibuatlah alat fermentasi bawang putih ini. Dalam situasi dan teknologi yang terus berkembang maka ditambahkannya alat-alat kontrol seperti mengatur temperatur, kelembaban yang telah ditetapkan dan menggunakan heater/pemanas. Pengujian ini mengevaluasi mesin fermentasi bawang putih yang dilakukan untuk menganalisis kekurangan dan kelebihan dari fermentasi tersebut. Pemilihan bawang juga perlu diperhatikan untuk menghindari kegagalan dalam proses fermentasi, Bawang hitam atau *Black garlic* ini memiliki sifat antibakteri lebih kuat, serta memiliki antioksidan 2 kali lebih kuat dibandingkan bawang putih biasa karena mengandung *S-allylcysteine*. Semakin lama waktu fermentasi *black garlic* maka kandunga *S-allylcysteine* semakin bertambah atau meningkat. Hasil pengujian ini dapat disimpulkan bahwa dipengaruhi oleh temperature pemanasan pada ruang fermentasi dan lama waktu dan lama waktu fermentasi. Temperatur ruang fermentasi sekitar 73-76% diperoleh kualitas *black garlic* yang baik tapi masih sedikit berair setelah 12 hari proses fermentasi untuk mendapatkan kualitas *black garlic* yang hitam, kenyal dan juicy diperlukan proses lanjutan berupa pengeringan selama 2 hari pada temperatur 54-55%.

Kata Kunci: Pengujian, Bawang putih, Heater

FUNCTION AND PERFORMANCE TESTING OF GARLIC FERMENTATION MACHINE

ABSTRACT

Black garlic is fermented garlic which is heated to a temperature between 70-80°C and 100% humidity from room temperature for 10 days. To make black garlic, this garlic fermenter is made. In situations and technologies that continue to develop, control devices are added, such as regulating temperature, humidity and using heaters. This test project tested the garlic fermenter which was carried out to analyze the advantages and disadvantages of the fermentation. The selection of onions also needs to be considered to avoid failure in the fermentation process. Black garlic or black garlic has stronger antibacterial properties, and has antioxidants 2 times stronger than regular garlic because it contains S-allylcysteine. The longer the black garlic fermentation time, the S-allylcysteine content will increase or increase. The results of this test can be concluded that it is influenced by the heating temperature in the fermentation room and the length of time and the length of fermentation time. The temperature of the fermentation room is around 73-76%, good black garlic quality is obtained but still a little watery after 12 days of fermentation process to get the quality of black garlic that is black, chewy and juicy, a further process is needed in the form of drying for 2 days at a temperature of 54-55%.

Keywords: *Testing, Garlic, Heater*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadapan Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan Proyek Akhir ini yang berjudul “Pengujian Fungsi dan Kinerja Mesin Fermentsi Bawang Putih” tepat pada waktunya. Penyusunan Proposal Proyek Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk kelulusan program pendidikan pada jenjang Diploma 3 Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali.

Penulis menyadari bahwa Proyek Akhir ini jauh dari sempurna dan masih ada kekurangan oleh karena itu penulis mengharapkan saran sebagai pembelajaran demi penyempurnaan karya-karya ilmiah penulis di masa yang akan datang.

Badung, 13 Februari 2024

I Made Sudiatmika

DAFTAR ISI

JUDUL	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERSETUJUAN.....	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT	Error! Bookmark not defined.
UCAPAN TERIMA KASIH.....	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT.....	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	2
1.4.1 Tujuan Umum	2
1.4.2 Tujuan Khusus.....	3
1.5 Manfaat	3
1.5.1 Manfaat bagi penulis	3
1.5.2 Manfaat bagi Politeknik Negeri Bali.....	3
1.5.3 Manfaat bagi masyarakat.....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Kelembaban dan Temperatur	4
2.1.1 Temperatur	4
2.1.2 Kelembaban.....	4
2.2 Pengertian Fermentasi.....	5
2.3 Bawang Putih	5
2.4 Prinsip Kerja dari Mesin Fermentasi Bawang Putih	6

2.5 Perbandingan Alat.....	7
2.6 Jenis - jenis Bawang Putih	7
2.7 Jenis Fermentasi	8
2.8 Keuntungan	8
2.9 Kerugian.....	9
2.10 Proses Fermentasi Bawang Putih.....	9
2.11 Alat yang Digunakan	10
2.11.1 <i>Heater finned type</i> U 450 W	10
2.11.2 Heater Plate 400 W	10
2.11.3 Xh-w3001 Temperatur Control	10
2.11.4 MCB (<i>Miniatur circuit breaker</i>).....	12
2.11.5 <i>Humidity Controller</i> XH-W3005.....	12
2.12 Tabel Pengambilan Data.....	14
BAB 3 METODE PENELITIAN	15
3.1 Jenis Penelitian.....	15
3.1.1 Alat Ukur.....	15
3.2 Alur Penelitian	17
3.3 Lokasi dan Waktu Pengujian	17
3.4 Penentuan Sumber Data	18
3.5 Sumber Daya Penelitian.....	18
3.6 Instrumen Penelitian.....	18
3.7 Prosedur Penelitian	19
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	20
4.1 Hasil Penelitian	20
4.1.1 Mempersiapkan Pengujian	20
4.1.2 Langkah-langkah Pengujian	20
4.1.3 Temperatur Pengujian	22
4.2 Hasil Produksi <i>Black Garlic</i> Pada Pengujian I	27
4.3 Hasil Akhir Produksi Bawang Difermentasikan	31
4.4 Hasil Pengujian II	34
4.5.1 Perbedaan Pengujian II.....	34
4.5.2 Temperatur Pengujian	35

4.5.3 Proses Drying / Pengeringan	39
4.5 Hasil Akhir Produksi II	40
BAB 5 PENUTUP.....	41
5.1 Kesimpulan	41
5.2 Saran	41
DAFTAR PUSTAKA	42

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel data pengujian	14
Tabel 3.1 Tempat dan waktu pengujian	18

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Mesin fermentasi bawang putih kapasitas 14,2 kg.....	6
Gambar 2.2 Heater finned type U	10
Gambar 2.3 Heater plate 400 W	10
Gambar 2.4 Xh-w3001 temperatur control	11
Gambar 2.5 MCB (<i>Miniatur circuit breaker</i>)	12
Gambar 2.6 Humidity controller XH-W3005	13
Gambar 2.7 Wiring diagram	14
Gambar 3.1 Thermocouple.....	15
Gambar 3.2 DH11	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3.3 Alur Penelitian.....	17
Gambar 4.1 Pengujian fermentasi bawang putih	20
Gambar 4.2 Proses pengujian.....	21
Gambar 4.3 Proses pengujian.....	21
Gambar 4.4 Grafik temperatur lingkungan	22
Gambar 4.5 Grafik tray pertama	22
Gambar 4.6 Grafik tray kedua.....	23
Gambar 4.7 Grafik tray ke tiga	24
Gambar 4.8 Grafik tray ke empat.....	25
Gambar 4.9 Grafik tray ke lima	25
Gambar 4.10 Grafik temperatur ruang kabinet bawah.....	26
Gambar 4.11 Grafik temperatur ruang kabinet atas	27
Gambar 4.12 Hasil produksi black garlic.....	27
Gambar 4.13 Hasil produksi black garlic.....	28
Gambar 4.14 Hasil produksi black garlic tray 1	28
Gambar 4.15 Hasil produksi black garlic tray 2	28
Gambar 4.16 Hasil produksi black garlic tray 4	29
Gambar 4.17 Hasil produksi black garlic tray 3	29
Gambar 4.18 Hasil produksi black garlic tray 5	29
Gambar 4.19 Proses pengeringan.....	30

Gambar 4.20 Hasil produksi black garlic 12 hari	31
Gambar 4.21 Hasil produksi black garlic tray 1	31
Gambar 4.22 Hasil produksi black garlic tray 2	32
Gambar 4.23 Hasil produksi black garlic tray 3	32
Gambar 4.24 Hasil produksi black garlic tray 4	33
Gambar 4.25 Hasil produksi black garlic tray 5	33
Gambar 4.27 Pengujian fermentasi bawang putih	34
Gambar 4.26 Pengujian fermentasi bawang putih.....	34
Gambar 4.28 Grafik temperatur kabinet atas	35
Gambar 4.29 Grafik temperatur tray pertama	35
Gambar 4.30 Grafik temperatur tray ke dua	36
Gambar 4.31 Grafik temperatur tray ke tiga	36
Gambar 4.32 Grafik temperatur tray ke empat	37
Gambar 4.33 Grafik temperatur tray ke lima	37
Gambar 4.34 Grafik temperatur ruangan bawah.....	38
Gambar 4.35 Grafik temperatur lingkungan	38
Gambar 4.36 Proses pengeringan.....	39
Gambar 4.37 Proses Pengeringan	39
Gambar 4.38 Hasil produksi <i>black garlic</i>	40
Gambar 4.39 Hasil produksi <i>black garlic</i>	40

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 : Data temperatur pengujian	43
Lampiran 2 : Mesin fermentasi bawang putih	47

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bawang putih adalah umbi-umbian sekaligus tumbuhan dari Bawang putih (*Allium sativum* L) ialah tipe tumbuhan yang banyak dimanfaatkan dalam kesehatan atau makanan. Isi senyawa-senyawa dalam umbi ini adalah allicin serta sulfur amino acid allin. Sebagian riset sudah menampilkan pengaruh farmakologis dari bawang putih, misalnya selaku anti kuman, jamur, hipertensi, dan kanker serta menampilkan dampak proteksi yang berkaitan dengan watak antioksidan. Bersamaan pertumbuhan teknologi, pengolahan bawang putih tidak Cuma secara tradisional tetapi pula bisa diolah dengan metode dipanaskan buat menciptakan *black garlic* yang mempunyai Senyawa allicin yang dikandung oleh bawang putih hitam (*black garlic*).

Bawang putih dapat diolah dengan cara fermentasi dan menghasilkan bawang hitam atau *black garlic*. *Black garlic* merupakan produk fermentasi dari bawang putih yang dipanaskan pada suhu 70-75°C dengan kelembaban 100% dari suhu kamar selama 12 hari. *Black garlic* memiliki warna hitam, ringan karena kadar airnya berkurang dan mempunyai aroma serta rasa yang tidak terlalu menyengat seperti bawang putih, *S-allylcysteine* membantu penyerapan *allicin* sehingga metabolisme perlindungan terhadap infeksi bakteri menjadi lebih mudah.

Bawang hitam atau *Black garlic* ini memiliki sifat anti bakteri lebih kuat, serta memiliki antioksidan 2 kali lebih kuat dibandingkan bawang putih biasa karena mengandung *S-allylcysteine*. Semakin lama waktu fermentasi *black garlic* maka kandungan *S-allylcysteine* semakin bertambah atau meningkat. Dengan adanya senyawa antibakteri yang lebih tinggi dari bawang putih diharapkan lebih efektif untuk mengatasi prokariotik patogenik penyebab penyakit.

Prokariotik patogenik adalah penyebab sekitar separuh di antara semua penyakit.

Jalan masuk bakteri patogen yang paling sering ke dalam tubuh adalah sisi dimana membrane mucus bertemu kulit, pernafasan, gastrointestinal (terutama mulut), genital dan saluran urin. Penyakit yang dapat ditimbulkan oleh *Stapylococcus aureus* pada kulit (impetigo, furunkel, infukai luka), pernafasan (pnemunia, abses paru-paru), tulang (osteomyelitis dan artritis septik), traktus gastrointestinal (keracunan makanan).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan ruang lingkup permasalahan di atas maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana memproduksi bawang putih menjadi *black garlic* yang berwarna kehitaman dan menghasilkan tekstur kenyal tapi tak berair?
2. Bagaimana proses fermentasi bawang putih dari awal masuk hingga menjadi bawang hitam berkualitas?

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah diatas maka pembatasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Pengujian ini menentukan apakah alat ini sudah mencapai suhu dan temperatur 70-75°C.
2. Apakah bawang putih ini dapat difermentasikan lebih cepat dari batas waktunya.
3. Proses tradisional menggunakan alat masak dapur.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari pengujian alat fermentasi bawang putih ini adalah :

1.4.1 Tujuan Umum

1. Memenuhi salah satu syarat akademik dalam penyelesaian pendidikan Diploma III Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali.
2. Mengaplikasikan ilmu-ilmu yang diperoleh selama mengikuti perkuliahan di Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali.

1.4.2 Tujuan Khusus

1. Untuk dapat memproduksi bawang putih menjadi *black garlic* yang berwarna kehitaman dan menghasilkan tekstur kenyal tapi tak berair.
2. Untuk mendapatkan proses fermentasi bawang putih dari awal masuk hingga menjadi bawang hitam yang berkualitas.

1.5 Manfaat

Manfaat dari pengujian alat fermentasi bawang putih ini adalah untuk membantu mempermudah perancang menemukan kesalahan yang mungkin terjadi dalam perancangan fermentasi bawang putih dan juga mengetahui kelembaban dan suhu yang mampu dicapai. Adanya pengujian alat ini juga diharapkan mampu meningkatkan ketelitian dalam sebuah rancangan . Manfaat dari program kreatifitas mahasiswa sebagai berikut :

1.5.1 Manfaat bagi penulis

1. Pengujian alat ini sebagai sarana untuk menerapkan ilmu-ilmu yang di dapat selama mengikuti perkuliahan di jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali di pengujian .
2. Mengetahui pengujian apa saja yang di perlukan dari alat fermentasi bawang putih tersebut.

1.5.2 Manfaat bagi Politeknik Negeri Bali

1. Menghasilkan mahasiswa yang cerdas dan terampil sesuai dengan bidang keahliannya masing-masing agar menghasilkan lulusan yang dapat bersaing di dunia kerja.
2. Agar Politeknik Negeri Bali banyak diminati oleh calon mahasiswa yang ingin menuntut ilmu, karena sudah terbukti mencetak tenaga ahli yang terdepan, profesional dan berdaya saing internasional.

1.5.3 Manfaat bagi masyarakat

1. Dapat membantu meyembuhkan berbagai macam penyakit bagi masyarakat yang membutuhkannya.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kelembaban dan Temperatur

2.1.1 Temperatur

Temperatur adalah suatu ukuran dingin atau panasnya keadaan atau sesuatu lainnya. Satuan ukur dari temperatur yang banyak digunakan di Indonesia adalah °C (derajat Celcius). Sarsinta, (2008). Menurut Riyanto, 2009 definisi temperatur adalah suatu ukuran energi kinetik rata-rata dari suatu molekul. Jika temperatur tinggi maka energi kinetik rata-rata akan besar. Pengertian temperatur udara adalah panas atau dinginnya suatu udara. Perubahan temperatur udara disebabkan oleh adanya kombinasi kerja antara udara, perbedaan kecepatan proses pendinginan & pemanasan suatu daerah dan jumlah kadar air & permukaan bumi. Alat untuk mengukur temperature udara ini adalah termometer. (Wirastuti et al 2008).

2.1.2 Kelembaban

Kelembaban adalah konsentrasi kandungan dari uap air yang ada di udara. Uap air yang terdapat dalam atmosfer bisa berubah wujud menjadi cair atau padat, yang pada akhirnya jatuh ke bumi yang dikenal sebagai hujan. Angka konsentrasi ini dapat diekspresikan dalam kelembaban absolut, kelembaban spesifik atau kelembaban relatif. Alat untuk mengukur kelembaban disebut higrometer. Sebuah humidistat digunakan untuk mengatur tingkat kelembaban udara dalam sebuah bangunan dengan sebuah pengawalembab (*dehumidifier*). Dapat dianalogikan dengan sebuah termometer dan termostat untuk suhu udara. Perubahan tekanan sebagian uap air di udara berhubungan dengan perubahan suhu. Konsentrasi air di udara pada tingkat permukaan laut dapat mencapai 3% pada 30 °C (86 °F), dan tidak melebihi 0,5% pada 0 °C (32 °F). (Wikipedia 2022)

1. Kelembaban spesifik atau ratio kelembaban

(w), dinyatakan dalam besaran masa uap air yang terkandung di udara per satuan masa udara kering yang diukur dalam gram per kilogram dari udara kering gr/kg

atau kg/kg.

2. Absolute humidity atau kelembapan absolut adalah masa uap air setiap satuan volume udara pada kondisi tertentu dan dinyatakan sebagai berat jenis uap air dalam satuan gr/m³ atau kg/m³

3. Relative humidity atau kelembapan relatif adalah perbandingan antara tekanan parsial aktual yang diterima uap air dalam suatu volume udara tertentu dengan tekanan parsial yang diterima uap air pada kondisi saturasi pada suhu udara saat itu dalam satuan %

2.2 Pengertian Fermentasi

Fermentasi adalah proses produksi energi dalam sel dengan keadaan anaerobik (tanpa oksigen) yang menghasilkan perubahan biokimia organik melalui aksi enzim. Fermentasi adalah suatu bentuk respirasi anaerobik secara umum, namun ada definisi yang lebih tepat yang mendefinisikan fermentasi sebagai respirasi dalam lingkungan anaerobik tanpa kehadiran akseptor elektron eksternal. Contoh fermentasi dapat ditemui dalam pembuatan roti, minuman anggur (bir) dan pembuatan keju. Arti kata fermentasi berasal dari bahasa Latin yakni "*fervere*" atau "*to boil*" yang berarti memasak dalam bahasa Indonesia. Dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia, kata fermentasi dikenal juga dengan nama peragian yang didefinisikan sebagai penguraian metabolik senyawa organik oleh mikroorganisme yang menghasilkan energi yang pada umumnya berlangsung dengan kondisi anaerobik dan dengan pembebasan gas. Fermentasi merupakan proses produksi energi dalam sel dengan keadaan ketidakterersediaan bebas oksigen yang menghasilkan perubahan biokimia organik melalui aksi enzim.

2.3 Bawang Putih

Bawang putih merupakan tanaman yang berumbi lapis atau tersusun berlapis-lapis. Bawang putih (*Allium sativum* L.) adalah tanaman semusim berumpun yang mempunyai ketinggian sekitar 60 cm. Tanaman ini banyak ditanam di ladang-ladang daerah pegunungan yang cukup mendapat sinar matahari. Bawang putih

berasal dari Asia Tengah yaitu Cina dan Jepang yang beriklim subtropik. Penyebaran bawang putih awalnya dibawa oleh pedagang Cina ke Indonesia, kemudian dibudidayakan oleh masyarakat.

2.4 Prinsip Kerja dari Mesin Fermentasi Bawang Putih



Gambar 2.1 Mesin fermentasi bawang putih kapasitas 14,2 kg

Prinsip kerja dari mesin fermentasi bawang putih yang sederhana ini adalah menciptakan situasi dan kondisi yang sebelumnya bawang putih menjadi *black garlic*/bawang hitam. Kondisi yang perlu diperhatikan adalah temperatur dan kelembaban. Sejak dahulu, inovasi teknologi untuk membuat bawang hitam/*black garlic* telah dilakukan agar mendapatkan manfaat lebih dari bawang putih. Salah satu inovasi yang dilakukan oleh seseorang adalah menggunakan pemanas yang suhu temperatur yang tercapai. Metode ini dilakukan dengan cara memasukan bawang putih ke dalam ruangan yang tertata di dalam mesin fermentasi. Mesin fermentasi ini hanya berupa sebuah ruangan yang dimodifikasi agar tercapai suhu dan kelembaban yang ideal untuk difermentasikan.

2.5 Perbandingan Alat

1. Perbandingan alat yang sudah ada yaitu menggunakan *rice cooker*. Bawang putih yang akan difermentasikan tinggal dibersihkan dan dimasukkan ke dalam *rice cooker* dan mengatur *rice cooker* ke mode 'warm'. Pengaturan ini untuk mengatur suhu dan kelembaban yang tepat untuk proses dalam cara membuat bawang hitam.

2. Perbedaan alat fermentasi yang saya rancang saat ini yaitu menggunakan komponen-komponen tertentu untuk memfermentasikan bawang putih ke bawang hitam. Alat yang dirancang ini perlu banyak waktu untuk membuatnya sehingga bawang putih dapat difermentasikan.

Keterangan :

1. Heater plate 400 watt
2. Heater type U finned 450 watt
3. Temperatur *controller*
4. Humidity *controller*

2.6 Jenis - jenis Bawang Putih

Adapun 2 jenis bawang putih yaitu :

1. Bawang putih tunggal atau *single clover garlic* (*Allium sativum* L) adalah bawang putih yang hanya terdiri dari satu siung karena tumbuh di lingkungan yang tidak memadai. Senyawa aktif dalam bawang putih tunggal relatif lebih tinggi dibandingkan dengan bawang putih biasa. Bawang ini jarang atau bahkan tidak pernah digunakan untuk kebutuhan masak memasak. Namun dalam dunia herbal bawang putih tunggal ini memiliki khasiat yang cukup banyak.
2. Bawang putih biasa yaitu memiliki beberapa siung bentuk bawang putih lebih bulat dan memiliki warna putih yang lebih cerah. Bawang putih ini biasanya ditemui di dapur dan sebagai bahan penyedap makanan. Bawang putih biasa ini adalah aroma yang menyengat dan juga teksturnya yang cenderung empuk, Jadi mudah sekali untuk diiris maupun dihaluskan

sebagai bumbu masakan, Bawang putih biasa ini juga cenderung lebih mudah didapatkan.

2.7 Jenis Fermentasi

Adapun jenis fermentasi yaitu :

Fermentasi cair (Sub Mergen Fermentasi)

1. Fermentasi yang melibatkan air sebagai fase kontinyu baik dari pertumbuhan selyang bersangkutan atau substrat.
2. Fermentasi cair tradisional tidak dilakukan pengadukan (agitasi).
3. Fermentasi modern melibatkan fermentator dengan pengadukan agar medium tetap homogen, aerasi, pengaturan pH, dan pengaturan panas/suhu.

Fermentasi padat (Solid *state* Fermentasi):

1. Fermentasi yang berlangsung dalam substrat yang tidak larut air.
2. Solid *state* fermentasi kandungan nutrisinya jauh lebih pekat sehingga hasil per-volume dapat lebih besar

2.8 Keuntungan

Adapun keuntungan dari 2 jenis fermentasi yaitu Fermentasi cair :

1. Kontak reaktan dan substrat semakin besar
2. Hampir di semua bagian akan terjadi

Fermentasi padat :

1. Medium yang digunakan sederhana
2. Ruang yang diperlukan relatif kecil karena air yang digunakan sedikit
3. Inokulum disiapkan secara sederhana
4. Kondisi medium tempat mikroba mendekati habitat aslinya
5. Aerasi dihasilkan dengan mudah

6. Produk yang dihasilkan dapat dipanen dengan mudah

2.9 Kerugian

Adapun kerugian dari 2 fermentasi

ini yaitu : Kerugian fermentasi cair :

1. Menimbulkan panas apabila menggunakan substrat lembab dalam jumlah besar

2. Pengukuran kadar air serta pengaturan pH dan suhu susah dilakukan, kerugian fermentasi padat :

1. Terbatasnya jenis mikroba yang dapat digunakan

2. Kebutuhan jumlah spora inokulum cukup besar

3. Sulit dilakukan penetapan bobot miselium secara teliti

2.10 Proses Fermentasi Bawang Putih

Adapun proses fermentasi pada alat yang sudah ada sebelumnya yaitu :

Pada proses fermentasi black garlic dengan mutu terbaik, dibutuhkan beberapa tingkatan suhu yang harus diatur dalam 3 tahap, yaitu 73-75°C untuk meratakan suhu di dalam ruangan. Lalu diturunkan menjadi 71-72 °C karena suhu ruangan sudah merata. Setelah itu diturunkan kembali menjadi 70-70,3°C dikarenakan akan menjadi suhu menetap disaat pengujian berlangsung.

Pada alat yang saya uji menggunakan suhu yang diatur 70-70,3°C selama 12 hari. Dalam proses pengujian ini akan dilakukan secara berulang-ulang sehingga mencapai 12 hari untuk mendapatkan beberapa data dalam pengujian pada alat fermentasi bawang putih ini.

2.11 Alat yang Digunakan

Adapun beberapa alat yang digunakan pada mesin fermentasi ini.

2.11.1 *Heater finned type U 450 W*



Gambar 2.2 *Heater finned type U*
Sumber : india mart (2023)

Elemen pemanas/ heating elemen yang penggunaannya serbaguna sebab berupa tabung sehingga modelnya bisa disesuaikan serta buat pemanasan padat, cair, maupun gas.

2.11.2 **Heater Plate 400 W**

Heater plate adalah heater yang menggunakan bahan aluminium pemanas dan ditempelkan atau disatukan dengan plat aluminium sehingga menghasilkan panas yang merata.



Gambar 2.3 Heater plate 400 W
Sumber : Tokopedia, Tokobima

2.11.3 **Xh-w3001 Temperatur Control**

Thermostat pengontrol suhu dalam sebuah ruangan agar selalu stabil

sesuai kebutuhan, selain digunakan pada aplikasi pemanasan, alat ini juga dapat digunakan untuk aplikasi pendinginan.

Spesifikasi:

- Model : XH-W3001
- Tegangan : 12V DC, Beban Max : 120w
- Suhu kerja : -50 sd 110 C
- Ketelitian : 0.1 C
- Type probe : NTC10K
- Ukuran : 60 x 45 x 31mm
- Warna casing : Putih

Fitur :

- Bisa bekerja sebagai mode Pemanasan atau mode Pendinginan
- 12V DC
- Sudah termasuk sensor suhu dengan kabel sekitar 95cm.
- Mudah disetting, hanya ada 2 tombol
- Sudah dilengkapi kabel input, kabel output dan kabel sensor
- Sudah dilengkapi LED Indikator Output : untuk melihat apakah thermostat sedang ON atau OFF
- Dilengkapi Memory Suhu Start dan Stop, setting akan tetap tersimpan walaupun listrik padam

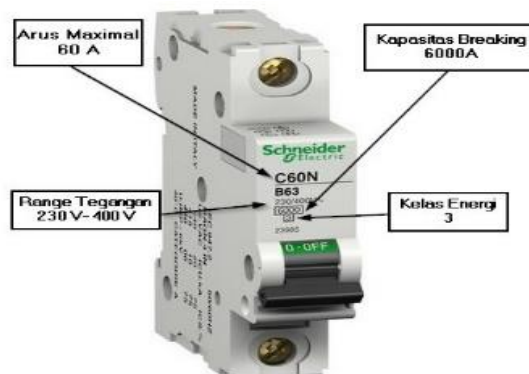


Gambar 2.4 Xh-w3001 temperatur control
Sumber : Santoso, Rudi (2021)

2.11.4 MCB (*Miniatur circuit breaker*)

MCB adalah singkatan dari *Miniature Circuit Breaker* digunakan sebagai pelindung rangkaian listrik ini umumnya digunakan sebagai pengaman mesin di pabrik maupun sebagai pembatas arus di rumah dan gedung.

MCB bekerja dengan cara memutuskan hubungan listrik yaitu dengan memanfaatkan panas yang dihasilkan dari aliran listrik sesuai dengan beban listrik yang digunakan, karena pada bagian kontak MCB terdapat bimetal yang akan terputus kontaknya jika panasnya cukup untuk memuaikan bimetal atau dengan kata lain arus nya melebihi kapasitas MCB itu sendiri.



Gambar 2.5 MCB (*Miniatur circuit breaker*)
Sumber. Panduanteknisi (2023)

2.11.5 *Humidity Controller XH-W3005*

Kontroler kelembaban XH-W3005 adalah perangkat elektronik yang dirancang untuk mengontrol dan mengatur kelembaban udara dalam suatu lingkungan tertentu. Perangkat ini sering digunakan dalam aplikasi seperti inkubator, ruang penyimpanan, ruang kultur tanaman, atau di mana pun penting untuk menjaga tingkat kelembaban yang tepat.

Spesifikasi :

- Kisaran suhu : 0-99% RH
- Modus kerja : Kontrol kelembaban

- Akurasi kelembaban : 0,2% RH
- Mengukur akurasi : 0,1% RH
- Pengukuran masukan : SHT20, Probe 1 meter
- Suplai daya masukan : 12V DC
- Daya keluaran : 120W, Output On/Off 2 titik langsung
- Ukuran : 60X45X31mm
- Pemasangan : Permukaan dinding



Gambar 2.6 Humidity controller XH-W3005
Sumber: Aliexpress (2023)

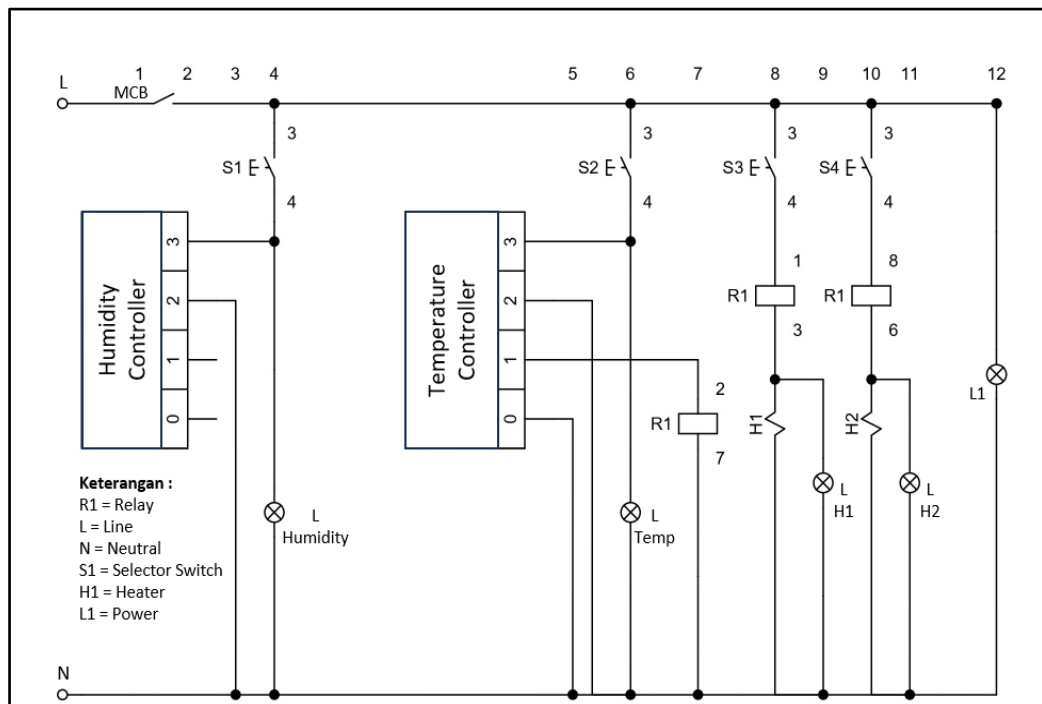
2.12 Tabel Pengambilan Data

Pengambilan data yang akan di jadikan bukti dari proses, fermentasi yang telah di tetapkan dapat di tampilkan pada table berikut untuk mengetahui apakah suhu dan kelembapan pada alat telah mencapai suhu yang di inginkan.

Tabel 2.1 Tabel data pengujian

MN/AT	date	time	int	T_amb	T_traytop1	T_traytop2	T_traytop3	T_traytop4	T_traytop5	T_cabbot	T_cabtop
0	0	0	0	C	C	C	C	C	C	C	C
AT	6/26/2024	0.754178	10m	29.7	30.9	30.6	30.2	30	29.9	32.9	36.8
AT	6/26/2024	0.761123	10m	29.5	34.7	37.6	30.8	30.4	39.3	74.9	51.6
AT	6/26/2024	0.768067	10m	29.6	37.5	43.9	31.9	30.9	47.7	101.4	61.2
AT	6/26/2024	0.775012	10m	29.9	41	48.1	33.1	31.9	51.4	111.7	67.1
AT	6/26/2024	0.781956	10m	30.1	43.5	51.1	34.9	33.3	58.3	116.6	74.4
AT	6/26/2024	0.7889	10m	30.8	45.9	53.8	36.5	34.9	62.1	111.7	78.6
AT	6/26/2024	0.795845	10m	30.7	45.8	52	37.6	36.4	59.3	100.2	71.3
AT	6/26/2024	0.802789	10m	30.7	48.1	55.1	39.2	38.1	62.1	104.2	77.6
AT	6/26/2024	0.809734	10m	31.4	48.8	54.7	40.5	39.6	62.8	103.9	72.5
AT	6/26/2024	0.816678	10m	31.6	50.2	56.3	42.1	41.1	65.3	97.7	76.2
AT	6/26/2024	0.823623	10m	31.8	50.8	57.9	43.2	42.6	65.1	105.8	73.9
AT	6/26/2024	0.830567	10m	31.9	51.8	57.1	44.7	44	64.9	93.8	74.9
AT	6/26/2024	0.837512	10m	31.9	53	58.9	46.1	45.3	68.1	109.2	77.2

2.13 Wiring Diagram



Gambar 2.7 Wiring diagram

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang diambil penulis adalah “Pengujian Alat Mesin Fermentasi Bawang Putih” metode dengan cara menetapkan suhu temperatur 70-70,3°C yang akan dicapai alat mesin fermentasi bawang putih sehingga data yang dikumpulkan bisa dipakai perbandingan dengan alat yang sudah ada seperti umumnya banyak digunakan dengan *magicom* sebagai alat fermentasi bawang putih

3.1.1 Alat Ukur

Alat ukur *thermocouple* dalam pengujian digunakan untuk mengukur temperaturruangan yang dibagi menjadi 8 titik untuk pengambilan data temperatur, yaitu di dalam ruangan bagian atas bawah, di dalam tray yang sudah tertutup dengan aluminium foil dan di lingkungan.

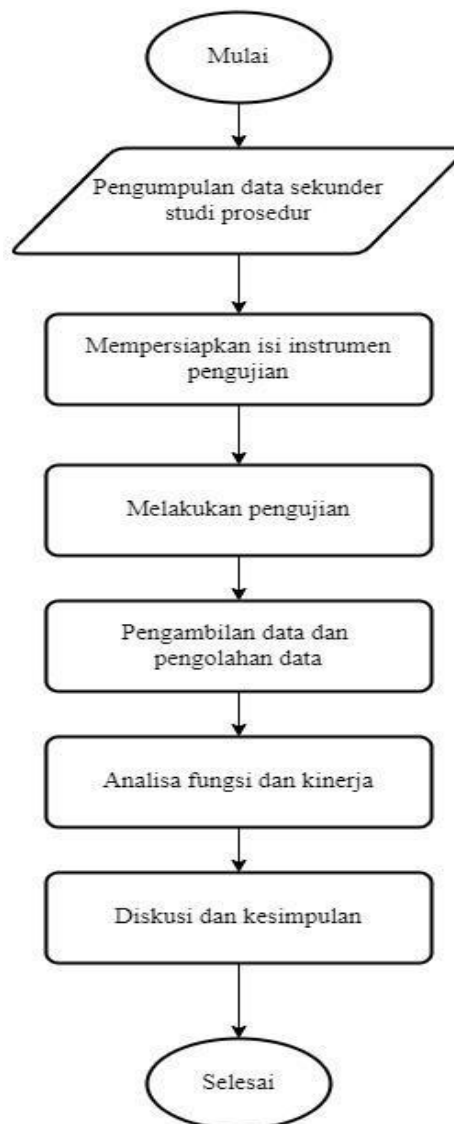


Gambar 3.1 *Thermocouple*

Sumber : <https://darmasaktigroup.com/>

3.2 Alur Penelitian

Alur alat mesin fermentasi ini dibagi menjadi beberapa tahapan diantaranya pada diagram berikut.



Gambar 3.2 Alur Penelitian

3.3 Lokasi dan Waktu Pengujian

Tempat dan lokasi untuk pengerjaan proyek akhir ini dilakukan di dalam kampus dan pengambilan data proyek akhir ini dilakukan di Laboratorium Tata Udara, Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali.

Tabel 3.1 Tempat dan waktu pengujian

No	Uraian Kegiatan	Tahun 2023																															
		Januari				Februari				Maret				April				Mei				Juni				Juli				Agustus			
		I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
1	Penyusunan Proposal	■	■	■	■																												
2	Seminar Proposal					■																											
3	Persiapan Alat dan Bahan									■	■	■	■																				
4	Perakitan Alat dan Instalasi													■	■	■	■																
5	Pengambilan Data																	■	■	■	■												
6	Pengolahan Data																					■	■	■	■								
7	Analisa dan Pembahasan																									■	■	■	■				
8	Penyusunan Laporan Proyek Akhir																													■	■	■	■
9	Ujian Proyek Akhir																																■

3.4 Penentuan Sumber Data

Penentuan sumber data dilakukan dengan mempelajari teori-teori yang berhubungan dengan pengujian alat fermentasi bawang putih. Pustaka yang digunakan berupa jurnal ilmiah, text book, PDF ilmiah, maupun informasi yang bersumber dari internet.

3.5 Sumber Daya Penelitian

Pengujian alat mesin fermentasi bawang putih ini memerlukan daya proses penelitian yang menunjang pengujian. Adapun sumber penelitiannya yaitu:

1. *Thermocouple* alat ukur dalam pengujian bertujuan membantu pengambilan data dan mempermudah mengetahui suhu yang telah di capai.
2. *Humidity controller* untuk mengetahui kelembaban yang telah dicapai.
3. Alat tambahan seperti obeng dan bor

3.6 Instrumen Penelitian

Dalam penelitian ini dibutuhkan instrument yang menunjang penelitian. Adapun beberapa alat yang digunakan yaitu :

1. *Humidity controller*

Digunakan untuk mengetahui kelembaban pada ruangan.

2. *Thermocouple*

Digunakan untuk pengambilan data untuk mengetahui temperatur

3. Pengambilan data

Pada saat pengujian diperlukan data-data yang mampu membantu penulis mengetahui indikator keberhasilan pada alat mesin fermentasi bawang putih.

3.7 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian yang dilakukan penulis untuk memecahkan masalah yang ada, serta mendapatkan hasil yang diinginkan maka pernguji melakukan penelitian dengan tahapan-tahapan sebagai berikut:

1. Melakukan pengamatan di masyarakat untuk mendapatkan informasi terkait alat yang akan di uji
2. Menentukan aplikasi dan alat yang di gunakan selama proses pengujian
3. Mendiskusikan penempatan pada alat yang di gunakan dengan perancan
4. Memilih jenis bawang putih yang di gunakan pada saat pengujian
5. Membuat pembuatan gambar penempatan alat
6. Proses perakitan pada alat sesuai gambar
7. Melakukan uji coba ke pada alat dan pengambilan data

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

4.1.1 Mempersiapkan Pengujian

Hasil pengujian alat fermentasi bawang putih dengan kapasitas 14,2 kg dalam keseluruhan dan dibagi menjadi 5 setiap tray berisi bawang 2,8 kg sebagai berikut:



Gambar 4.1 Pengujian fermentasi bawang putih

Pada pengujian fermentasi bawang putih ini, tahap awal dimulai dengan mengatur suhu ruangan menjadi 73-75°C. Proses ini memerlukan waktu 1 hari atau 24 jam agar suhu ruangan merata. Pada hari kedua, jika suhu ruangan sudah merata, disarankan untuk selalu memonitor setiap perubahan suhu. Pengujian ini membutuhkan waktu total 2 minggu untuk mengubah bawang putih menjadi bawang hitam.

4.1.2 Langkah-langkah Pengujian

Adapun langkah-langkah pengujian sebelum memulai difermentasikan pada bawang putih ini sebagai berikut :

1. Siapkan bahan-bahan yang akan digunakan untuk fermentasi.
2. Siapkan bawang yang akan difermentasikan.
3. Timbang bawang keseluruhan yang akan difermentasikan.

4. Siapkan tray/nampan untuk tempat bawang yang akan difermentasikan.
5. Bagi rata bawang disetiap tray/nampan.
6. Lapisi tray/nampan dengan aluminium foil.
7. Tata bawang sampai merata.
8. Bungkus bawang dengan lapisan aluminium foil sebanyak 3 lapis jangan sampai ada kebocoran disetiap sisinya tambahkan isolasi untuk mencegah kebocoran.
9. Bawang sudah siap difermentasikan.



Gambar 4.2 Proses pengujian

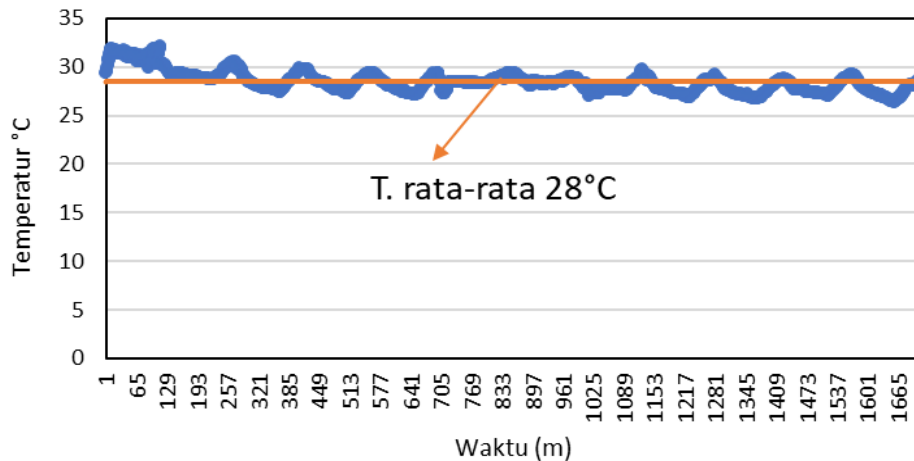


Gambar 4.3 Proses pengujian

Pada Gambar 4.2 dan 4.3 proses bawang yang akan difermentasikan. Sebelum dimasukkan ke dalam alat fermentasi terlebih dahulu bawang dilapisi dengan aluminium foil tujuannya untuk menjaga kelembaban pada bawang yang akan difermentasikan.

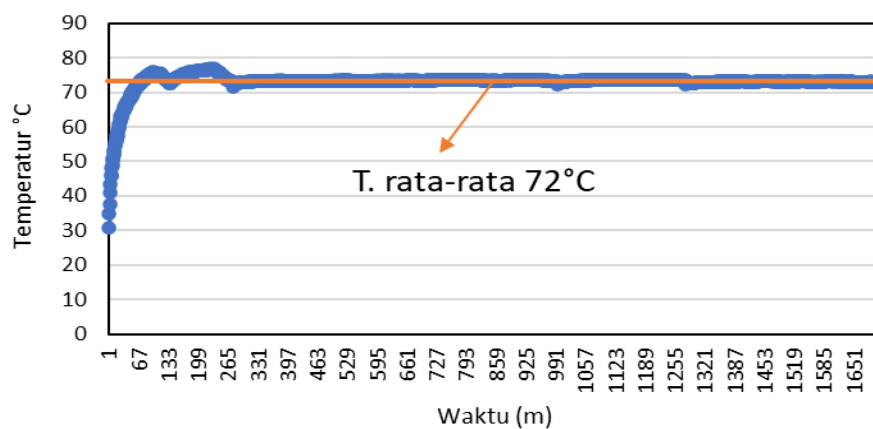
4.1.3 Temperatur Pengujian

Hasil data temperatur yang diambil selama pengujian berlangsung hingga berakhir sebagai berikut :



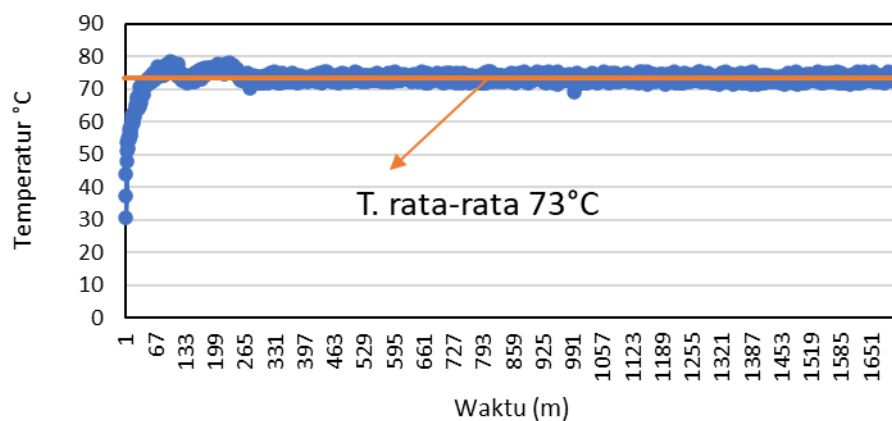
Gambar 4.4 Grafik temperatur lingkungan

Pada Gambar 4.4 menjelaskan temperatur bahwa dari awal *start* pengujian suhu sekitar 35°C kemudian di hari ke dua dan ketiga menurun dengan rata-rata 26°C suhu. Pada ruang lingkungan bisa berubah setiap saat karena disaat pengujian alat berada di dalam ruangan yang sering juga dipakai oleh mahasiswa.



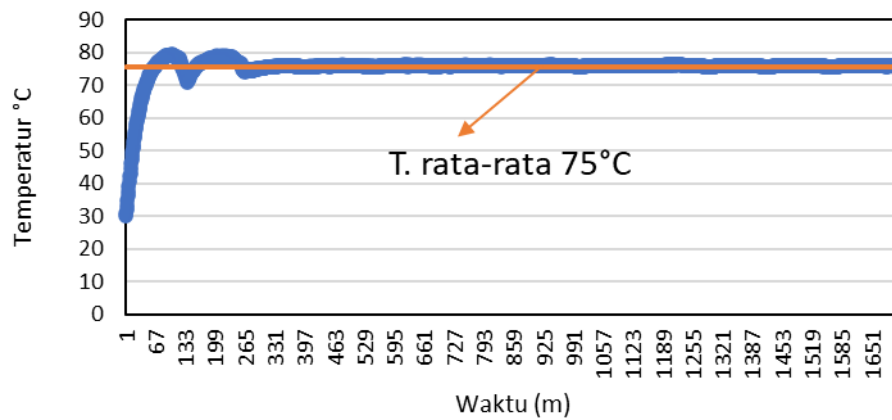
Gambar 4.5 Grafik tray pertama

Pada Gambar 4.5 menjelaskan temperatur pada tray pertama disaat start menguji suhu pada dalam ruangan akan merata ketika sudah mencapai suhu yang sudah ditentukan. Pada awal start suhu dalam ruangan 30°C setiap beberapa menit akan meningkat sekitar 1°C karena heater yang dibawah menggunakan heater type finned U 450 Watt sehingga suhu yang ditentukan cepat tercapai dan hari selanjutnya suhu diatur menjadi 72-73°C.



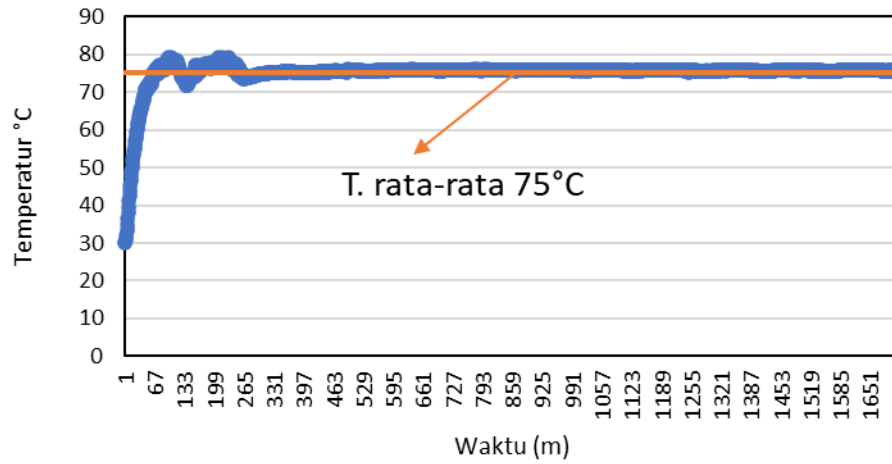
Gambar 4.6 Grafik tray kedua

Pada Gambar 4.6 menjelaskan temperatur grafik tray kedua yang begitu tinggi saat awal start atau hari pertama diuji. Pada tray kedua berada pada posisi yang tengah-tengah sebagaimana akan mendapatkan suhu yang cepat tercapai karena posisi heater di belakang heater yang digunakan yaitu heater plate yang menggunakan bahan aluminium dan digabungkan pada plat aluminium hingga mendapatkan panas yang merata sampai batas waktu yang akan diuji.



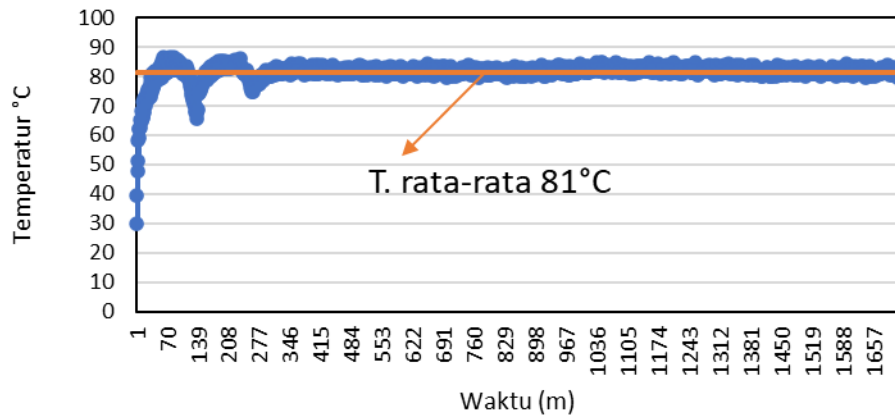
Gambar 4.7 Grafik tray ke tiga

Pada Gambar 4.7 terlihat penjelasan mengenai temperatur suhu pada tray ketiga yang sangat merata. Posisi tray ini berada di tengah, yang memungkinkan tray tersebut mendapatkan distribusi suhu yang sangat merata. Sejak awal pengujian, suhu telah diatur pada kisaran 73-75°C. Pada posisi tray ketiga, suhu yang diukur selalu berada dalam temperatur rata-rata ini, yang menunjukkan kestabilan dan konsistensi. Tray ketiga mendapatkan suhu yang optimal dari awal pengujian hingga akhir, yang ditentukan berdasarkan jangka waktu yang telah ditetapkan. Rata-rata suhu yang terukur pada tray ini adalah 74°C, menunjukkan bahwa distribusi panas pada tray ketiga sangat efektif dan stabil sepanjang durasi pengujian. Hal ini mengindikasikan bahwa posisi tray di tengah sangat menguntungkan untuk mencapai distribusi suhu yang merata dan konsisten, yang sangat penting dalam proses pengujian ini.



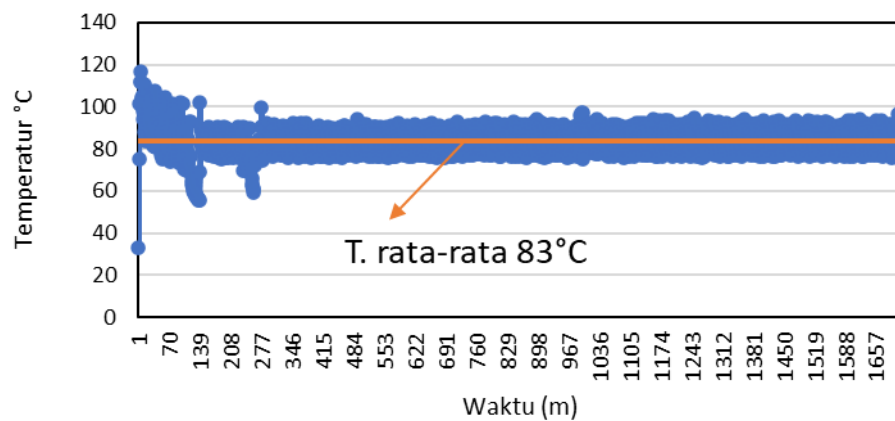
Gambar 4.8 Grafik tray ke empat

Pada Gambar 4.8 menentukan temperatur pada tray ke empat. Temperatur pada tray ke empat ini mendapatkan suhu yang terlalu tinggi dikarenakan berdekatan dengan heater 1 dan heater 2 sehingga disaat bawang putih difermentasikan hasilnya tidak merata karena berdekatan dengan heater suhu yang didapatkan rata-rata 76°C.



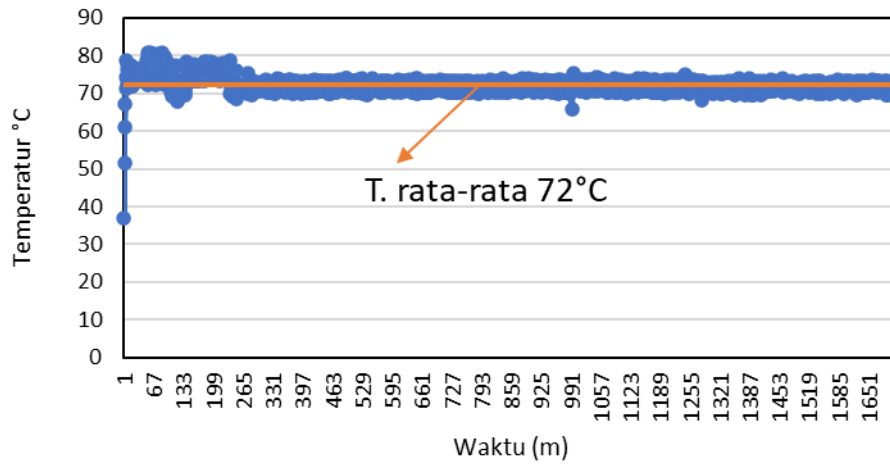
Gambar 4.9 Grafik tray ke lima

Pada Gambar 4.9 terlihat bahwa temperatur pada tray ke lima sangat tinggi tidak mengikuti suhu yang sudah diterapkan pada *thermostart*. Suhu dari tray ke lima tinggi dikarenakan sangat dekat dengan heater yang dibawah hasil temperatur yang di dapat sekisar 79-81°C jauh berbeda dengan tray ke 1, 2 dan 3 tray yang ke 5 sudah dapat ditambahkan plat alluminium diatas heater untuk menahan panas yang langsung bersirkulasi ke tray dan ditambahkan juga styrofoam dilapasi aluminium di atas plat dan bagian depan heaternya. Hasilnyapun tetap sama di temperatur 80°C.



Gambar 4.10 Grafik temperatur ruang kabinet bawah

Pada Gambar 4.10 terlihat temperatur diawal start sangat tinggi karena heater yang dibawah 450 watt sehingga temperatur yang didapatkan mencapai 120°C pada hari pertama temperaturnya belum merata akibatnya panas masih berada di kabinet ruangan bawah dan sensor *thermostart* juga berdekatan dengan heaternya.



Gambar 4.11 Grafik temperatur ruang kabinet atas

Pada Gambar 4.11 menentukan temperatur ruang kabinet atas yang diawal start suhunya 35°C selang beberapa menit meningkat terus sampai temperatur yang sudah ditetapkan. Temperatur yang tercapai 75°C heater akan mati dan hidup kembali pada temperatur 73°C hari selanjutnya rata-rata temperatur yang didapatkan sampai pengujian berakhir yaitu 70-72°C.

4.2 Hasil Produksi *Black Garlic* Pada Pengujian I

Pada hasil pengujian ini terdapat pengecekan hasil bawang yang difermentasikan selama 12 hari adalah sebagai berikut :



Gambar 4.12 Hasil produksi *black garlic*



Gambar 4.13 Hasil produksi *black garlic*

Pada Gambar 4.12 dan 4.13 mengetahui bahwa bawang yang difermentasikan selama 7 hari sudah memulai menghitam tetapi belum sempurna dan sudah dicoba rasanya agak sedikit asam dengan temperatur tetap 70-70,3°C. Bawang yang diambil selama 7 hari hanyalah sampel untuk mengetahui hasil bawang yang difermentasikan.

Hasil fermentasi bawang putih di hari ke 9 mengambil sampel di setiap tray, ada 5 sampel di setiap tray sebagai berikut :



Gambar 4.14 Hasil produksi *black garlic* tray 1



Gambar 4.15 Hasil produksi *black garlic* tray 2



Gambar 4.17 Hasil produksi *black garlic* tray 3



Gambar 4.16 Hasil produksi *black garlic* tray 4



Gambar 4.18 Hasil produksi *black garlic* tray 5

Dari hasil fermentasi bawang putih hari ke 9 pada setiap tray sudah mulai merata berwarna hitam tetapi pada tray 3 masih kurang karena temperatur yang di bagian tray 3 belum stabil hasilnya menjadi kurang. Rasa pada setiap tray sudah terasa manis dan sedikit ada asamnya untuk teksturnya sudah mau *juicy* dalamnya luarnya sedikit kering.

4.2.1 Proses *Drying* / Pengeringan

Adapun proses pengeringan pada bawang ini setelah difermentasikan selama 12 hari.



Gambar 4. 19 Proses pengeringan

Pada proses pengeringan ini memerlukan waktu selama 2 hari untuk mendapatkan produksi bawang yang berkualitas. Pengeringan ini memerlukan temperatur 53-55°C jika sudah mencapai temperaturnya pintu dibuka sampai ruangan dalam kabin temperaturnya menurun pintu kembali ditutup proses ini diulang selama 2 hari sehingga mendapatkan hasil yang sempurna.

Adapun ciri-ciri *black garlic* yang berkualitas yaitu :

1. Warna hitam atau kehitaman
2. Tekstur kenyal tapi tidak berair
3. Aroma lembut tidak menyengat
4. Rasa netral dengan sedikit rasa manis

4.3 Hasil Akhir Produksi Bawang Difermentasikan

Hasil akhir produksi bawang yang difermentasikan yaitu di hari ke 12 kembali membuka sampel di setiap tray hasilnya sudah merata dan bawang semua sudah berubah menjadi hitam. Sebagian bawang rasanya berbeda ada terlalu asam dan ada yang sedikit pahit.



Gambar 4.20 Hasil produksi *black garlic* 12 hari

Pada Gambar 4.20 hasil fermentasi selama 14 hari sudah terlihat. Namun, pada hari ke-12, bawang yang difermentasi sudah berubah menjadi black garlic. Proses ini dimulai dengan suhu 73-75°C dan kemudian diturunkan menjadi 70-70,3°C.



Gambar 4.21 Hasil produksi *black garlic* tray 1

Pada Gambar 4.21 bawang yang difermentasikan dengan temperatur rata-rata 72-74°C.



Gambar 4.22 Hasil produksi
black garlic tray 2

Pada Gambar 4.22 bawang yang difermentasikan dengan temperatur rata-rata 73-74,1°C.



Gambar 4.23 Hasil produksi
black garlic tray 3

Pada Gambar 4.23 bawang putih yang difermentasikan dengan temperatur rata-rata 74-75,8°C.



Gambar 4.24 Hasil produksi *black garlic* tray 4

Pada Gambar 4.24 bawang putih yang difermentasikan dengan temperatur rata-rata 74-75,6°C.



Gambar 4. 25 Hasil produksi *black garlic* tray 5

Pada Gambar 4.25 bawang putih yang difermentasikan dengan temperatur rata-rata 70-7°C dalam keadaan heater 2 mati karena bawang di tray 5 sudah terlebih dahulu berwarna hitam.

4.4 Hasil Pengujian ke II

Hasil pengujian II ini menggunakan bawang tunggal, yang biasanya pada umumnya digunakan untuk membuat *black garlic*. Bawang tunggal ini difermentasi dalam jumlah 6 kg, dengan 1,2 kg di setiap tray.



Gambar 4.27 Pengujian fermentasi bawang putih



Gambar 4.26 Pengujian fermentasi bawang putih

Pada pengujian fermentasi ke II ini, tahap awal dimulai dengan mengatur suhu ruangan 74-75°C. Proses ini tidak jauh berbeda dengan pengujian yang pertama untuk tahap pengujian masih tetap sama.

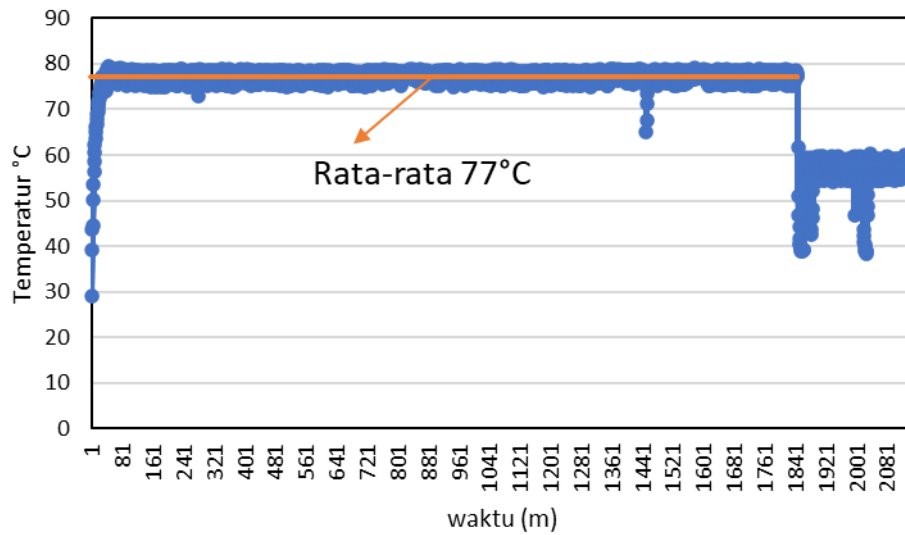
4.5.1 Perbedaan Pengujian ke II

Adapun perbedaan disaat pengujian ke II difermentasikan, yaitu :

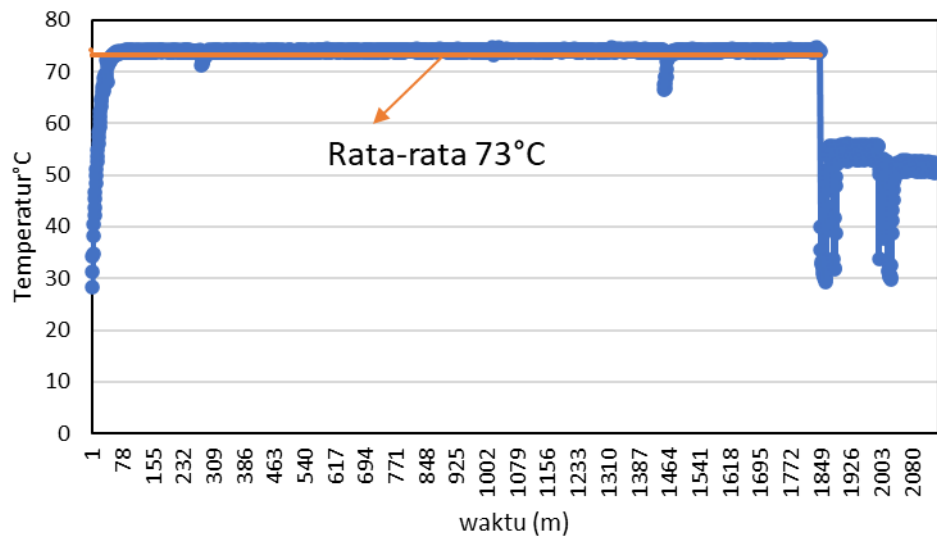
1. Menggunakan daun salam
(sebagai penambah aroma lembut dan tidak menyengat)
2. Menggunakan tisu
(manfaat sebagai menyerap air yang dikeluarkan dari bawang dan menambahkan kelembaban)
3. Menggunakan heater yang *type* sama
(untuk mendapatkan panas yang merata)

4.5.2 Temperatur Pengujian

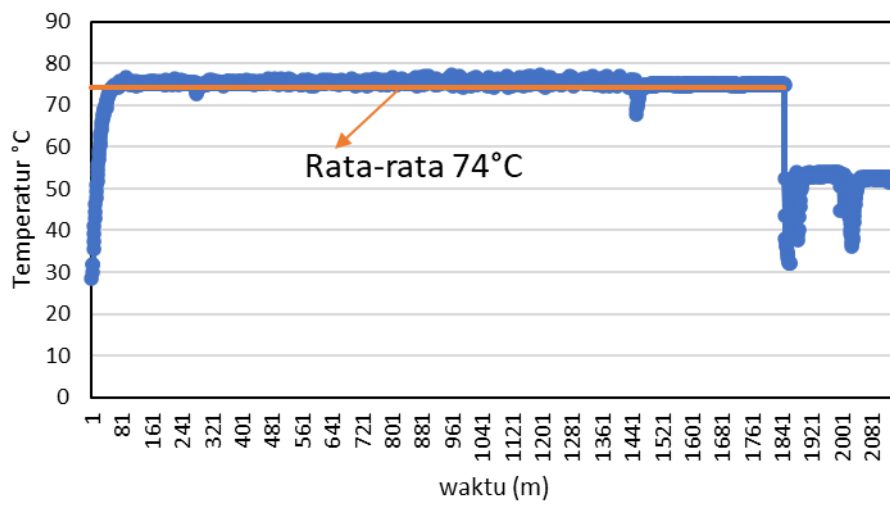
Hasil data temperatur pada saat pengujian berlangsung hingga berakhir sebagai berikut :



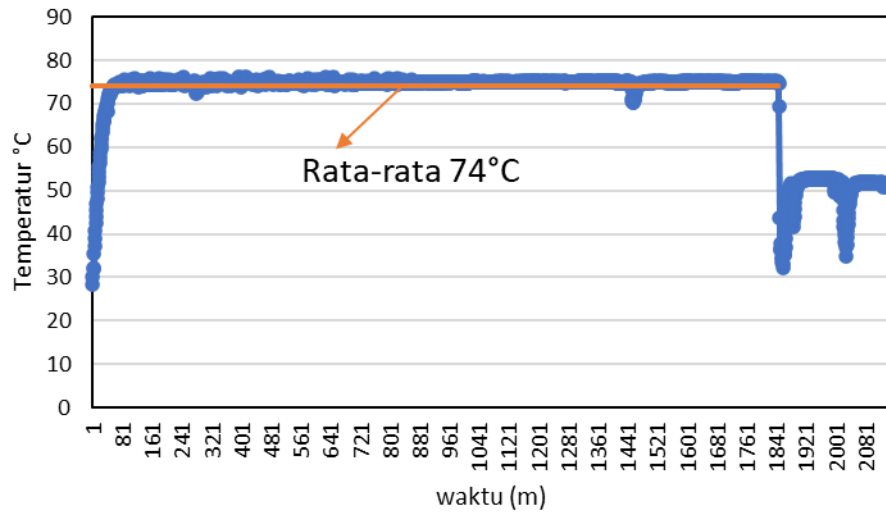
Gambar 4.28 Grafik temperatur kabinet atas



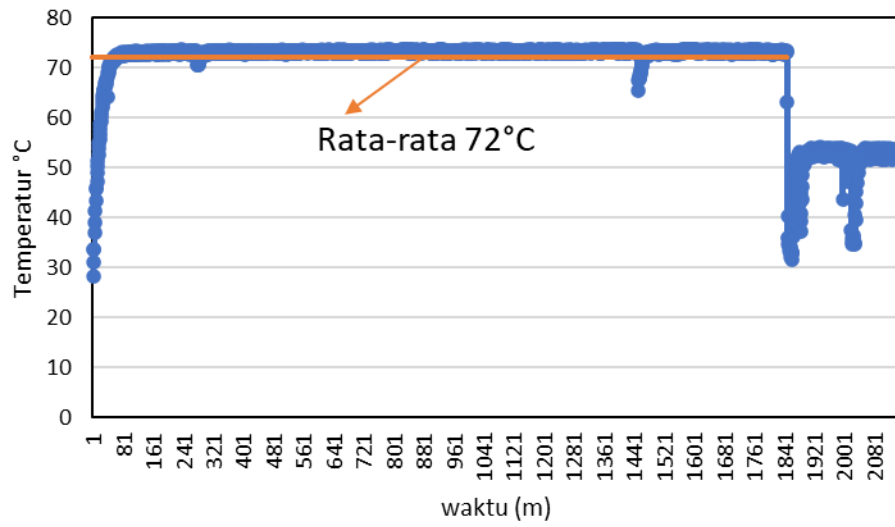
Gambar 4.29 Grafik temperatur tray pertama



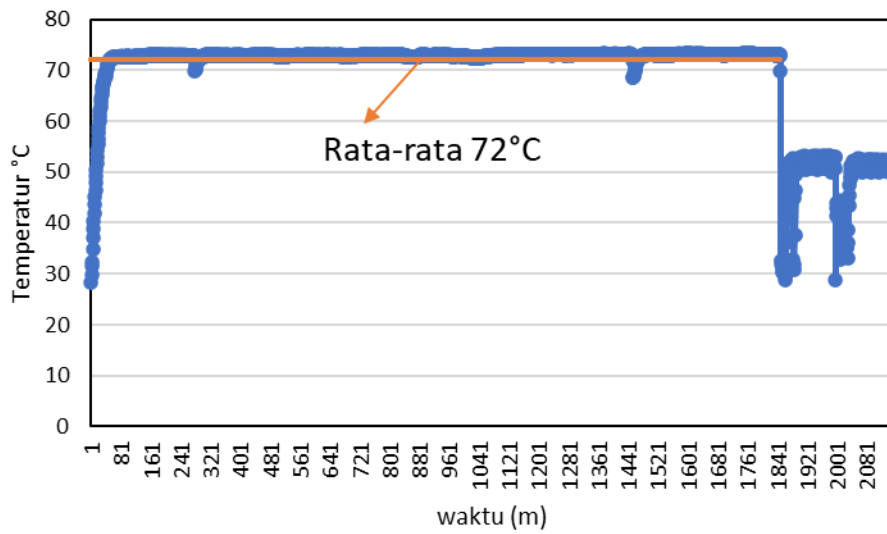
Gambar 4.30 Grafik temperatur tray ke dua



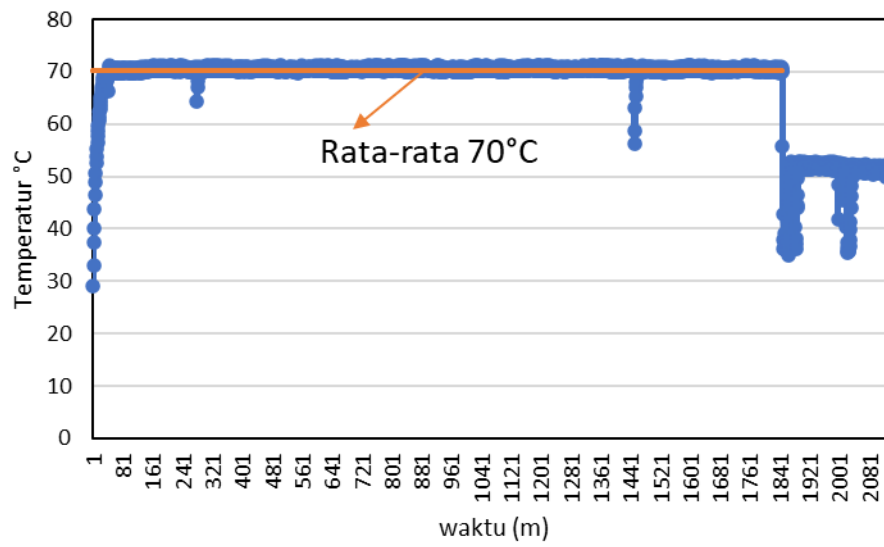
Gambar 4.31 Grafik temperatur tray ke tiga



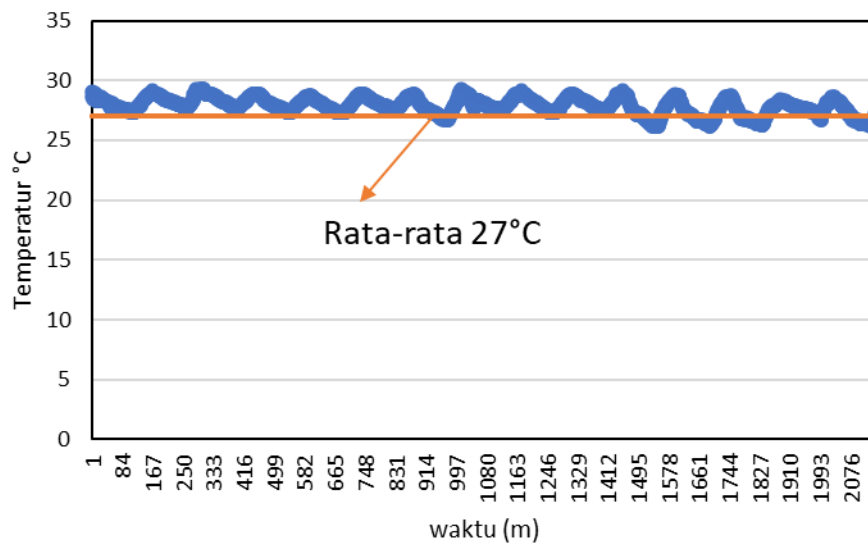
Gambar 4.32 Grafik temperatur tray ke empat



Gambar 4.33 Grafik temperatur tray ke lima



Gambar 4.34 Grafik temperatur ruangan bawah



Gambar 4.35 Grafik temperatur lingkungan

Pada Gambar 4.35 sampai Gambar 4.42 menjelaskan grafik temperatur tray 1 sampai tray 5. Pengujian ini dilakukan selama 12 hari dengan temperatur rata-rata 74°C hingga memproduksi *black garlic* yang berkualitas. Dengan pengujian ke II ini mendapatkan hasil yang merata karena 2 heater yang digunakan type yang sama sehingga suhu ruangan dapat merata pada saat pengujian. Terlihat pada gambar grafik ada temperatur yang menurun karena dilakukan pengeringan selama 2 hari.

4.5.3 Proses Drying / Pengeringan

Proses pengeringan ini dilakukan selama 2 hari dengan temperatur 54-55°C hingga mendapatkan hasil produksi yang maksimal.



Gambar 4.36 Proses pengeringan



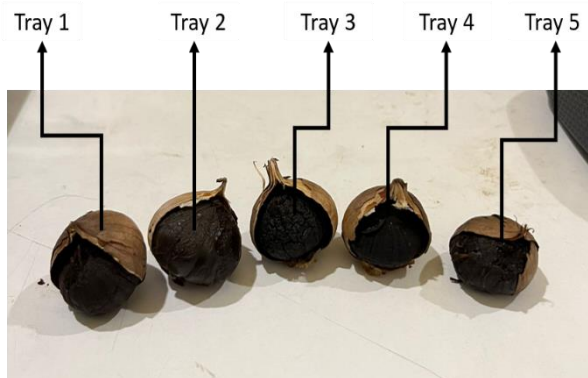
Gambar 4.37 Proses Pengeringan

Pada Gambar 4.36 dan Gambar 4.37 dilakukan proses pengeringan selama 2 hari dengan membuka pintu jika sudah mencapai temperatur yang ditentukan dan menutup kembali jika sudah temperatur menurun. Proses pengeringan ini diulang-ulang sampai mendapatkan hasil produksi *black garlic* yang berkualitas. Adapun ciri-ciri *black garlic* yang sudah berkualitas yaitu :

1. Warna hitam atau kehitaman
2. Tekstur kenyal tapi tidak berair
3. Aroma lembut tidak menyengat
4. Rasa netral dengan sedikit rasa manis

4.5 Hasil Akhir Produksi ke II

Hasil produksi *black garlic* yang sudah melewati fermentasi 12 hari dan proses pengeringan selama 2 hari.



Gambar 4.38 Hasil produksi *black garlic*



Gambar 4.39 Hasil produksi *black garlic*

Pada Gambar 4.38 menunjukkan produksi *black garlic* yang sudah melewati proses pengeringan dan pada Gambar 4.39 menunjukkan belum melewati proses pengeringan. Perbedaannya dari teksturnya yang sudah melewati proses pengeringan akan terlihat hitam tapi tidak berair sedangkan yang belum melewati proses pengeringan akan terlihat berwarna hitam sedikit berair dari tekstur luarnya.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan pengujian penulis menyimpulkan bahwa alat fermentasi bawang putih ini sudah mencapai temperature rata-rata dengan waktu pengujian selama 12 hari menggunakan temperature 72-73°C dan pada pengujian ke II proses yang dilakukan tidak jauh berbeda dengan pengujian ke I. Hasil produksi *black garlic* yang berkualitas dengan tekstur kenyal, tidak berair dan rasa manis. Pengujian ini dilakukan 2 kali, pengujian yang pertama menggunakan bawang putih biasa dan pengujian yang ke dua menggunakan bawang putih tunggal yang pada umumnya digunakan untuk membuat *black garlic*.

- 1) Selama 12 hari proses pengujian mesin fermentasi ini dapat memproduksi bawang putih menjadi *black garlic* yang bertekstur kenyal tapi tak berair.
- 2) Menentukan proses mesin fermentasi bawang putih ini hingga mendapatkan produksi *black garlic* yang berkualitas.

5.2 Saran

Dari hasil pengujian ini penulis menyarankan untuk mengubah penempatan heater karena alat yang ini penempatannya pada bagian blakang dan bawah sehingga disaat pengujian hasil dari tray 4 dan tray 5 temperaturnya tinggi karena berdampingan dengan 2 heater yang dayanya berbeda dan *type* yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Santoso, Rudi. Perancangan Alat Fermentasi Bawang Putih Menjadi Bawang Hitam (*Black Garlic*), 2021. Terdapat pada : <https://eprints.umm.ac.id/74123/>. Diakses pada 11 Februari 2023. Satiawihardja, Budiartma. Mengenal Fermentor, 1983. Terdapat pada : <https://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/25897>. Diakses pada 11 Februari 2023.
- Riadi, Lieke (2007). *Teknologi fermentasi*. Yogyakarta: Graha Ilmu. hlm. 1. ISBN 978-979-756-233-5. Diakses pada 3 Maret 2023
- Nurani Wityasari (2003). <https://dkpp.probolinggakab.go.id/wp-content/uploads/2018/05/BAWANG-PUTIH>. Diakses pada 3 Maret 2023
- B. Friends, “Perbedaan Bawang Putih Tunggal dan Bawang Putih Biasa,” Blibli Friends, Feb. 02, 2022. <https://www.blibli.com/friends/blog/perbedaan-bawang-putih-tunggal-dan-bawang-putih-biasa-06/> (Diakses pada 27 maret 2023).
- email:"dhewi@diadona.id", "user_fullname": "Dhewi, “Cara Membuat Bawang Hitam dengan Magic Com, Rice Cooker dan Tradisional secara Mudah | Diadona.id,” Diadona.id, Dec. 21, 2020. <https://www.diadona.id/food/cara-membuat-bawang-hitam-dengan-magic-com-rice-cooker-dan-tradisional-secara-mudah-201221b.html> (Diakses pada 27 Maret 2023).
- <https://www.lazada.co.id/products/maktec-mesin-gerinda-tangan-4-inchi-mt90-merah-i166079.html>
- https://www.tokopedia.com/sumberhidup/matabor-holesaw-besi-21mm-mata-bor-hole-saw-21-mm-hidroponik?utm_source=google&utm_medium=organic&utm_campaign=pdp-seo
- <https://www.bukalapak.com/p/industrial/mesin/mesin-bor/2ahvrqh-jual-mesin-bor-listrik-modern-atau-bor-tangan-electric-drill-10mm-jiz-10b>

Lampiran 1 : Data temperatur pengujian

Time	int	T.L	T.1	T.2	T.3	T.4	T5	T.bot	T.up
18:06:01	10m	29.7	30.9	30.6	30.2	30	29.9	32.9	36.8
18:16:01	10m	29.5	34.7	37.6	30.8	30.4	39.3	74.9	51.6
18:26:01	10m	29.6	37.5	43.9	31.9	30.9	47.7	101.4	61.2
18:36:01	10m	29.9	41	48.1	33.1	31.9	51.4	111.7	67.1
18:46:01	10m	30.1	43.5	51.1	34.9	33.3	58.3	116.6	74.4
18:56:01	10m	30.8	45.9	53.8	36.5	34.9	62.1	111.7	78.6
19:06:01	10m	30.7	45.8	52	37.6	36.4	59.3	100.2	71.3
19:16:01	10m	30.7	48.1	55.1	39.2	38.1	62.1	104.2	77.6
19:26:01	10m	31.4	48.8	54.7	40.5	39.6	62.8	103.9	72.5
19:36:01	10m	31.6	50.2	56.3	42.1	41.1	65.3	97.7	76.2
19:46:01	10m	31.8	50.8	57.9	43.2	42.6	65.1	105.8	73.9
19:56:01	10m	31.9	51.8	57.1	44.7	44	64.9	93.8	74.9
20:06:01	10m	31.9	53	58.9	46.1	45.3	68.1	109.2	77.2
20:16:01	10m	31.6	53.1	56	47.2	46.6	66.1	87.8	73.4
20:26:01	10m	31.7	55.4	61	48.5	47.9	71.2	110.7	76.6
20:36:01	10m	31.7	54.4	58.8	49.6	49.1	65.9	83.8	71.9
20:46:01	10m	31.6	56.5	62	50.8	50.2	70.7	105.6	77.3
20:56:01	10m	31.7	55.8	59.6	51.7	51.3	67.7	87.2	72.1
21:06:01	10m	31.7	57.7	61.2	53	52.4	72.4	97.8	76.6
21:16:01	10m	31.5	57.2	62.4	53.8	53.3	69.9	94.4	71.8

21:26:01	10m	31.5	58.7	61.9	54.9	54.3	72.3	92.8	76.4
21:36:01	10m	31.7	58.9	63.3	55.7	55.3	71.3	97.3	73.7
21:46:01	10m	31.3	59.7	62.8	56.7	56.1	72.8	89	75.3
21:56:01	10m	31.4	60.7	65.2	57.4	57	74.2	103.3	75
22:06:01	10m	31.4	60.7	64.3	58.4	58	73.6	86.3	75.2
22:16:01	10m	31.5	61.8	67.4	59.1	58.8	75.4	103.3	74.4
22:26:01	10m	31.4	61.6	64.5	59.8	59.6	72.3	84.8	74.4
22:36:01	10m	31.5	62.9	67.6	60.7	60.3	75.8	107.1	75.7
22:46:01	10m	31.3	62.7	63.9	61.3	61.1	74.7	84.7	74.6
22:56:01	10m	31.4	63.7	68.1	62.1	61.8	76.3	106.7	75.7
23:06:01	10m	31.4	63.5	66.9	62.7	62.4	74.8	83.8	74.3
23:16:01	10m	31.4	64.3	68.7	63.4	63	77.8	106.4	76.1
23:26:01	10m	31.4	64.2	64.8	64.2	63.6	73.2	82.7	74.2
23:36:01	10m	31.6	65.1	70.8	64.8	64.2	79.4	106.6	75.8
23:46:01	10m	31.5	64.7	66.2	65.3	64.7	75	81.2	73.2
23:56:01	10m	31.3	65.9	70.9	66	65.3	80.9	107.8	75.8
0:06:01	10m	31.4	65.3	68.6	66.3	65.7	76.1	81.2	74
0:16:01	10m	31.4	66.4	72.1	67	66	80.2	105.7	75.7
0:26:01	10m	31.7	65.9	69.2	67.4	66.9	76.7	80.6	73.3
0:36:01	10m	31.4	66.8	71.2	68.1	68.1	81.7	105.1	76.7
0:46:01	10m	31.3	66.5	68.5	68.2	67.5	77.2	81.3	74.2
0:56:01	10m	31.1	67.2	70.4	68.8	68.1	81.2	103.9	76.8

1:06:01	10m	31.6	67	71.2	69.2	69.2	78.2	82.4	74.8
1:16:01	10m	31.4	67.3	72.3	69.7	69.1	80.9	101.8	75.4
1:26:01	10m	31.3	67.5	71.1	70	70.6	78.8	82.8	75.3
1:36:01	10m	31.3	67.7	72.1	70.4	69.7	82.1	98.3	76.3
1:46:01	10m	31	68.2	71.7	70.8	70.6	79.8	84.2	76.4
1:56:01	10m	31.2	68.1	71.1	71.2	70.4	79.7	93.6	73.2
2:06:01	10m	31.3	68.8	72	71.7	70.7	80.6	85.5	76.3
2:16:01	10m	31.3	68.3	72.3	71.7	71.3	79.1	85.7	73.1
2:26:01	10m	31.3	69.6	73.2	72.3	70.7	82.2	89.3	78.8
2:36:01	10m	31.2	68.9	71.8	72.3	71.8	79.1	76.8	72.7
2:46:01	10m	31.2	70.1	73.4	73.1	71.7	82.9	91.1	79.6
2:56:01	10m	31	69.4	72.3	73.1	72.4	79.3	75.4	72.1
3:06:01	10m	31.2	70.5	73.2	73.6	71.6	83.9	94.2	80.6
3:16:01	10m	31.2	70	71.8	73.6	72.6	79.9	76.2	72.7
3:26:01	10m	31.3	70.9	72.4	74	71.8	84.1	92.4	79.8
3:36:01	10m	31.1	70.4	72.7	74.1	72.4	79.7	75.8	72.6
3:46:01	10m	31	71.3	74.1	74.7	72.1	85.4	96.3	80.6
3:56:01	10m	31.3	70.8	74.2	74.7	73.3	81.1	77.5	73.4
4:06:01	10m	31.1	71.6	74.8	75.1	73.4	86.7	104.6	76.8
4:16:01	10m	30.8	71.4	72.7	75.2	73.3	81.7	79.4	74
4:26:01	10m	31.2	71.7	75.2	75.4	74.1	85.3	101.9	76.9
4:36:01	10m	31.4	71.9	72.8	75.6	75.1	82	81.9	75.6

4:46:01	10m	30.6	71.7	74.9	75.7	74.4	81.7	89.1	73.4
4:56:01	10m	30.9	72.3	74.6	76	75.2	82.4	83.6	76.5
5:06:01	10m	31.1	71.9	73.4	76.1	75.3	81.6	83.8	73.7
5:16:01	10m	31.1	72.7	73.9	76.4	75.2	83.2	85.6	77.4
5:26:01	10m	31.1	72.2	74.2	76.4	75.1	81.4	76	73.6
5:36:01	10m	31.2	73.1	74.4	76.7	76.1	83.8	87.6	78.3
5:46:01	10m	30.9	72.5	74	76.7	75.1	81.4	74.2	72.3
5:56:01	10m	30.9	73.4	75.1	77	75.4	85.4	91.8	79.7
6:06:01	10m	31.2	72.9	74	77.1	77	81.7	75.6	72.9
6:16:01	10m	30.6	73.5	76.9	77.2	75.5	86.1	97.7	80.5
6:26:01	10m	30.9	73.3	74.2	77.3	74.8	82	77.1	73.5
6:36:01	10m	30.9	73.8	76.3	77.5	77.3	86.7	101.1	78.9
6:46:01	10m	30.7	73.7	73.8	77.6	76.8	82.4	78.6	74.4
6:56:01	10m	30.8	73.7	75.8	77.7	76.7	83.7	99.1	75.2
7:06:01	10m	30.7	74	75.6	77.9	75.5	83.1	81.3	75.6
7:16:01	10m	31.1	73.7	75.7	77.9	76.9	82.8	89.3	74.1
7:26:01	10m	30.9	74.3	75.1	78.1	76.6	83.6	84	76.2
7:36:01	10m	30.5	73.9	75.6	78.2	77.1	82.1	75.1	72.8
7:46:01	10m	31	74.7	75.5	78.4	77.2	85.3	90.2	79.3
7:56:01	10m	31.1	74.2	74.4	78.4	76.3	82.2	75.1	72.9
8:06:01	10m	31.1	74.7	75.7	78.5	76.3	86.5	99.9	80.9
8:16:01	10m	31	74.7	76.6	78.6	77.4	82.8	78.2	74.4

8:26:01	10m	31.2	74.4	76.3	78.6	77.2	83.3	92.4	76.2
8:36:01	10m	31.3	75.1	74.3	78.7	75.9	83.3	82.2	76.2
8:46:01	10m	30.9	74.6	75.2	78.7	77.4	82.6	80.2	73.9
8:56:01	10m	29.9	75.3	77.3	78.9	76.6	84.1	85.4	77.4
9:06:01	10m	31.1	74.8	75.6	79	77.8	82.2	73.2	72.4
9:16:01	10m	30.4	75.4	77.6	79	77.7	85.8	92.8	79.8
9:26:01	10m	31.3	75.2	75.7	79.1	78.6	82.6	75.7	73.3
9:36:01	10m	30.8	75.2	76.2	79.1	76.6	84.3	101.8	75.9
9:46:01	10m	31	75.6	76.2	79.1	77.2	83.2	80.1	75.7
9:56:01	10m	31.4	75.2	75.9	79.1	77.8	82.3	77.7	73.9
10:06:01	10m	30.6	75.8	77.8	79.2	79.2	84.4	86.9	78.2
10:16:01	10m	31.8	75.4	77.1	79.2	77.7	82.2	73.8	72.5

Lampiran 2 : Alat mesin fermentasi bawang putih

