



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menaqqumumkan dan memperhanvak sebahagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun



PROGRAM STUDI MAGISTER TERAPAN REKAYASA TEKNOLOGI MANUFAKTUR
PASCASARJANA POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
DEPOK
AGUSTUS 2022



HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh:

Nama :Eko Hardiyanto
 NIM :2009521006
 Program Studi :Magister Terapan Rekayasa Teknologi Manufaktur
 Judul Tesis : **PEMANFAATAN METODE PENERING BEKU TEKANAN
 ATMOSFER UNTUK MEMPERTAHAKAN KUALITAS KURMA**

Telah diuji oleh Tim Penguji dalam Sidang Tesis pada hari Rabu tanggal 24 Agustus tahun 2022 dan dinyatakan LULUS untuk memperoleh derajat gelar Magister Terapan pada Program Studi Magister Terapan Rekayasa Teknologi Manufaktur Politeknik Negeri Jakarta.

Pembimbing I	: Dr. Belyamin, M.Sc.Eng., B.Eng(Hons)	()
Pembimbing II	: Dr. Wirawan, B.Eng(Hons), M.T.	()
Penguji I	: Haolia Rahman, S.T., M.T. Ph.D	()
Penguji II	: Iwan Susanto, S.T., M.T., Ph.D	()
Penguji III	: Dr. Paulus Sukusno, S.T., M.T.	()

Depok, 24 Agustus 2022

Disahkan oleh

Ketua Pascasarjana Politeknik Negeri Jakarta



Dr. Idawimah, S.T., M.T.

NIP. 196305051988112001



HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa
tesis yang saya susun ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.

Nama :Eko Hardiyanto

NIM :2009521006

Tanda Tangan : 

Tanggal :24 Agustus 2022

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan kekuatan dan senantiasa melimpahkan rahmat dan karunia kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir berjudul “PEMANFAATAN METODE PENDING BEKU TEKANAN ATMOSFER UNTUK MEMPERTAHANKAN KUALITAS KURMA”. Atas kehendak-Nya pula penulis dapat menyelesaikan tesis ini sesuai rencana.

Tesis ini merupakan karya tulis yang menjadi syarat dalam menempuh ujian akhir Program Magister Terapan Rekayasa Teknologi Manufaktur. Secara umum karya tulis ini berisi uraian tentang pemanfaatan teknologi pending beku tekanan atmosfer untuk mempertahankan kualitas bahan pangan, khususnya kurma jenis Sukari.

Penulis menyadari bahwa selesainya karya tulis ini tidak semata-mata hasil jerih payah penulis sendiri, namun berkat bantuan dan dorongan dari semua pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu dalam kesempatan ini perkenankanlah penulis mengucapkan terima kasih terutama kepada :

1. Ibu Dr. Isdawimah, S.T., M.T., sebagai Ketua Pascasarjana Politeknik Negeri Jakarta.
2. Ibu Dr. Tatun Hayatun Nufus, M.Si., sebagai Ketua Prodi Magister Terapan Rekayasa Teknologi Manufaktur.
3. Bapak Dr. Belyamin, M.Sc.Eng., B.Eng(Hons), sebagai Dosen Pembimbing – 1 yang telah memberikan arahan dan bimbingan selama penyelesaian Tesis ini.
4. Bapak , Dr. Wirawan, B.Eng(Hons), M.T sebagai Dosen Pembimbing – 2 yang telah memberikan arahan dan bimbingan selama penyelesaian Tesis ini.
5. Bapak Seto Tjahyono, M.T, yang telah memberikan dukungan moril, ide desain, saran, solusi teknis serta bantuannya memfasilitasi penelitian ini.
6. Bapak Heru Sudibyo Muhartomo S.T, atas bantuan pada tahap eksekusi.
7. Dina Ikawati istri tercinta, anak-anakku tercinta Herjuno Radityo dan Diandra Kirana yang telah sabar mendukung studi dan penelitian. Terima kasih kepada kedua orang tua, bapak Harisman dan ibu Indarningsih, serta bapak Supardi, dan ibu Sri Wahyuni Retnaningsih. Terima kasih kepada almarhum kakek dan nenek,atas nasehat beliau yang selalu saya kenang.
8. Teman-teman prodi Magister Terapan Rekayasa Teknologi Manufaktur PNJ & semua pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan yang besar dalam penyelesaian tesis dan tidak dapat dituliskan satu per satu.

Semoga bantuan dan bimbingan yang telah diberikan kepada penulis menjadi amal baik yang akan dibalas oleh Allah SWT. Penulis menyadari bahwa pada karya tulis ini masih banyak kekurangan baik dalam penulisan maupun uraian yang diungkapkan. Oleh karena itu kritik dan saran yang sifatnya membangun akan sangat membantu bagi penulis untuk melakukan penyempurnaan.

Akhirnya penulis berharap semoga karya tulis sebagai tesis ini bermanfaat bagi penulis khususnya dan semua pembaca pada umumnya serta menjadi referensi bagi pengembangan teknologi dibidang manufaktur.

Depok, 24 Agustus 2022

Penulis



Daftar Isi

Halaman sampul	i
Halaman Judul	ii
Halaman Pernyataan Bebas Plagiarisme	iii
Halaman Pernyataan Orisinalitas	iv
Halaman Pengesahan	v
Kata Pengantar	vi
Halaman Pernyataan Persetujuan Publikasi Tesis untuk Keperluan Akademik	vii
Abstrak	viii
Daftar Isi	ix
Bab I Pendahuluan	1
1.1 Latar belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Pertanyaan dan Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penyajian	4
Bab II Tinjauan Pustaka	5
2.1 Kajian Teoritis	5
2.2 Kajian Penelitian terdahulu	5
Tipe Atmospheric Freeze Drying / Pengereng Beku & Aplikasi	5
2.3 Pemilihan Metode Pengereng Beku	8
2.4 Proses Freeze Drying / Pengereng Beku	9
2.5 Mekanisme Pengereng	10
2.6 Perhitungan Kapasitas Pendingin	10
2.7 Batas operasional temperature dan kelembapan PBTA	11
2.8 Dampak Pengereng Beku terhadap Product	12
Bab III Metodologi Penelitian	13
3.1. Metode Penelitian	13
3.2 Tempat Dan Waktu Penelitian	13
3.3. Ruang Lingkup Penelitian	13
3.4 Ancangan Penelitian	13
3.5 Perancangan Dan Cara Kerja	15



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

3.5.1 Perancangan Unit PBTA	15
3.5.2 Perhitungan Kapasitas	15
3.5.3 Perancangan Instrumentasi	18
3.5.4 Bahan Dan Alat	19
3.7 Pengujian	20
3.7.1 Langkah Pengujian Sampel Kurma	20
3.7.2 Analisa Hasil Pengujian Sampel Kurma	21
Bab IV Hasil Penelitian dan Pembahasan	23
4.1 Hasil Rancangan Prototipe	23
4.2 Hasil Pengujian Kadar Air Kurma Segar	23
4.3 Perbandingan Rehidrasi (RR)	25
4.4 <i>Bulk Density</i>	27
4.5 Perbandingan Penyusutan / <i>Shrinkage Ratio</i> %	31
4.6 Konsumsi Energi	32
4.7 Proses Parameter PBTA	37
4.7.1 Evaluasi Proses Parameter Test 1	37
4.7.2 Evaluasi Proses Parameter Test 2	38
4.8 Hasil Proses PBTA	40
4.8.1 Penurunan Bobot	40
4.8.2 Pemeriksaan Warna	40
4.9 Parameter operasional	41
Bab V Kesimpulan dan Saran	42
5.1 Kesimpulan	42
5.2 Saran	43
Daftar Pustaka	45
Lampiran 1 Desain Dan Komponen PBTA	48
Lampiran 2 Gambar Alat PBTA	50

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta



ABSTRAK

Meningkatnya jumlah limbah dan emisi gas rumah kaca / GHG yang diakibatkan oleh bahan limbah bahan pangan dan biaya untuk mengawetkan bahan pangan mendorong untuk dikembangkannya teknologi pengering beku tekanan atmosfer. Teknologi yang dikembangkan dipastikan dapat menjaga kualitas nutrisi dan vitamin bahan pangan. Untuk itu perlu dikembangkan prototipe pengering beku tekanan atmosfer (PBTA) untuk dipergunakan pada aplikasi pengeringan produk bahan pangan dalam penelitian ini dikhususkan pada bahan pangan kurma jenis Sukari. Prototipe yang dikembangkan diharapkan dapat diaplikasikan pada industri UMKM. Proses pengering beku berpotensi untuk dikembangkan, dimana proses ini dapat menghilangkan penggunaan bahan pengawet kimia yang dapat berdampak pada kesehatan. Konsumsi energi pengering beku tekanan atmosfer mempunyai potensi menjanjikan jika diterapkan pada industri, karena energi konsumsi yang lebih rendah dengan kualitas yang lebih baik, dibandingkan dengan pengering konvensional. Konsumsi energi PBTA dapat menghemat energi sebesar 38% pada energi pendinginan dan 34% pada energi panas.

Kata kunci: Pengering beku tekanan atmosfer (PBTA), kurma Sukari, *Heatpump tunnel*

Abstract

The increasing amount of waste and greenhouse gas / GHG emissions caused by food waste materials and the cost of preserving foodstuffs encourage the development of atmospheric pressure freeze dryer technology. The technology developed is certain to maintain the nutritional quality and vitamins of food ingredients. For this reason, it is necessary to develop a prototype atmospheric pressure freeze dryer (AFD) to be used in the application of drying food products in this study, specifically on the fruit dates, Sukari. The prototype developed is expected to be applied to the small scale industry. The freeze drying process has the potential to be developed, where this process can eliminate the use of chemical preservatives that can have an impact on health.

The energy consumption of the atmospheric pressure freeze dryer has promising potential if applied in industry, because of its lower energy consumption with better quality, compared to conventional dryers. PBTA energy consumption can save energy by 38% on cooling energy and 34% on heat energy

Keyword: Atmospheric Freeze Drying, Sukari fruit dates, heatpump tunnel

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang meminumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Secara global, sekitar 1,3 miliar ton makanan terbuang setiap tahun (Gustavsson et al., 2011). Selain aspek ekonomi, etika dan sosial, pemborosan makanan membawa beban lingkungan yang cukup besar. Penyediaan makanan menyebabkan emisi gas rumah kaca / *Green Houses Gas* (GHG) di semua tahap, sepanjang rantai pasokan makanan[1]. Oleh karena itu, makanan yang terbuang tidak hanya berarti sumber daya terbuang percuma, tetapi juga menghasilkan emisi GHG. Menurut FAO (2013) jejak karbon global dari makanan yang terbuang setiap tahun sekitar 3,3 Gt setara CO₂ (CO₂e)[1]. Selain bahan makanan yang terbuang, ada juga risiko penurunan kualitas pada produk bahan pangan buah-buahan, dimana kadar vitamin C, salah satu parameter kualitas, merupakan antioksidan penting yang dapat melindungi sel dari kanker agen (Nandi dan Bhattacharjee, 2005; Hassan et al., 2010). Sumber vitamin C yang baik termasuk tanaman hortikultura seperti jeruk, mangga, nanas, tomat dan kembang kol. Hasan dkk. (2010) menyelidiki bahwa kandungan vitamin C dalam daging buah mangga menurun tajam dari 51,48 mg/100g pada tingkat segar pertanian menjadi 17 mg/100g pada 8 hari setelah panen. Tomat juga diamati sebagai sumber vitamin C moderat. Menurut Hassan et al. (2010), kandungan vitamin C menurun seiring dengan lamanya penyimpanan. Diamati bahwa kandungan vitamin C tomat menurun dari 25,29 mg/100 g dalam sampel segar pertanian menjadi 12,16 mg/100 pada hari ke-8, yang menunjukkan total hilangnya vitamin C sebesar 51,91%[2]. Untuk itu perlu dikembangkan teknologi pengawetan bahan pangan yang tetap menjaga kualitas vitamin dan nutrisi bahan pangan tersebut. Pengawetan makanan dengan pengeringan adalah salah satu operasi tertua dalam industri makanan. Pengeringan konvektif merupakan salah satu proses utama yang digunakan untuk proses pengawetan makanan dengan pengeringan. Proses pengeringan konvektif biasanya dilakukan pada temperatur tinggi untuk mengurangi lama waktu pengerjaan yang dibutuhkan. Namun, (fakta di lapangan menunjukkan bahwa) pengeringan konvektif menggunakan temperatur tinggi dapat menurunkan kualitas produk akhir, dengan menurunnya kadar nutrisi dan vitamin bahan pangan [3]. Pengeringan beku vakum telah menjadi teknologi patokan untuk membuat produk kering berkualitas tinggi. Namun, teknik ini mahal karena biaya tetap dan operasinya yang tinggi[4].



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

Teknik pengeringan beku tekanan atmosfer (PBTA) merupakan hasil dari upaya selama dua dekade terakhir untuk menanggapi tantangan ini [4].

Beberapa keunggulan utama PBTA tercantum di bawah ini[4]:

1. Tidak ada kerusakan thermal.
2. Retensi rasa yang baik pada produk yang mudah menguap.
3. Retensi vitamin yang baik.
4. Rehidrasi produk cepat.
5. Kelembapan final rendah.
6. Tidak ada pengkerutan produk.
7. Retensi yang baik untuk aktivitas biology.
8. Pengurangan biaya energi.
9. Tranfer panas yang baik sekitar 20-40 kali dibandingkan pengering beku tekanan atmosfer (PBTA).

Berdasarkan studi literatur, konsumsi energi pengering beku tekanan atmosfer (PBTA) dapat menghemat energi sebesar **38%** pada energi pendinginan dan **34 %** penghematan pada energi panas yang dibutuhkan. Hal ini membuktikan konsumsi energi yang dipergunakan lebih rendah jika dibandingkan pengering beku tekanan vakum [5].Etnomedis penggunaan kurma dijelaskan dibanyak literatur dan dijelaskan pada kitab suci Al Quran (Duke, 1992; Al Qarawi et al., 2005)[6].

Pohon kurma (*Phoenix dactylifera L.*, *Arecaceae*) adalah salah satu tanaman tertua yang dibudidayakan di Bumi dan banyak ditanam di iklim panas dan kering di Asia, Timur Tengah, Afrika, dan Semenanjung Arab. Kurma adalah sumber makanan penting bagi masyarakat di wilayah ini dan memainkan peran penting dalam kehidupan sehari-hari mereka [7].

Sejak jaman kuno, kurma telah dipergunakan untuk mengobati hipertensi ,diabetes, kanker, atherosclerosis, anti bakteri dan jamur. Antioksidan pada kurma dapat melindungi terhadap penyakit degeneratif seperti penyakit neurologi, kardiovaskular, dan penyakit lambung[7].

Manfaat lain dari kurma (*Phoenix dactylifera L*) pada sistem reproduktif wanita antara lain Buah kurma mengandung banyak zat gizi makro, mineral, vitamin dan antioksidan. Komponen dalam buah kurma dapat berperan dalam proses reproduksi wanita melalui proses oogenesis, penguatan oosit, pengaturan hormonal, penguatan kehamilan, organogenesis janin, persalinan, involusi uterus dan produksi susu[8].



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

1.2 PERUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang yang disampaikan diatas, maka perumusan masalah yang dapat dipelajari dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana mekanisme sublimasi pada kondisi Atmospheric.
2. Bagaimana memilih metode pengering beku tekanan atmosfer (PBTA) yang tepat untuk produk kurma kering berkualitas.

1.3 PERTANYAAN DAN TUJUAN PENELITIAN

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan di atas maka dapat diidentifikasi beberapa pertanyaan pada penelitian, yaitu di antaranya:

1. Bagaimana memilih metode PBTA yang tepat untuk proses pengeringan kurma?
2. Bagaimana membangun prototipe pengering beku tekanan atmosfer ?
3. Parameter temperatur, kelembapan kecepatan udara dan urutan proses pengering beku tekanan atmosfer agar dapat menghasilkan kurma kering yang berkualitas?

Berdasarkan uraian di atas, tujuan dari penelitian adalah:

1. Membuat prototipe pengering beku tekanan atmosfer yang dapat dimanfaatkan untuk pengeringan kurma dan tetap menjaga kualitas kurma.
2. Melakukan kajian konsumsi energi pada prototipe pengering beku tekanan atmosfer.
3. Mendapatkan parameter temperature, kelembapan dan air velocity dan urutan proses pengering beku tekanan atmosfer yang dapat mempertahankan kualitas kurma.

1.4 BATASAN PENELITIAN

Batasan penelitian kali ini adalah :

1. Penelitian dikembangkan dalam skala prototipe pengering beku tekanan atmosfer
2. Kinerja pengering beku tekanan atmosfer dibatasi pada kurma yang dipergunakan sebagai media penelitian.

Dalam penelitian ini, jenis kurma yang dipergunakan adalah kurma jenis Sukari.

3. Efektifitas pengeringan dibatasi pada pengurangan kadar air, berdasarkan bobot akhir kurma setelah proses pengeringan.



1.5. MANFAAT PENELITIAN

1. Manfaat teoritis :

Manfaat teoritis penelitian ini adalah dapat mengetahui prinsip sublimasi pada tekanan atmosfer untuk diaplikasikan pada teknologi pengering beku tekanan atmosfer. Karakteristik parameter temperatur dan kelembapan udara dapat dipelajari dan untuk dikembangkan pada teknologi pengering beku tekanan atmosfer, sehingga penggunaan energi yang dipergunakan untuk proses bisa dikondisikan seefisien mungkin.

2. Manfaat Praktis :

Teknologi pengering beku tekanan atmosfer (PBTA) adalah teknologi yang tergolong mahal dari sisi biaya. Dengan penelitian ini diharapkan dapat merancang bangun pengering beku tekanan atmosfer dengan biaya yang relative terjangkau untuk industry berskala UMKM. Penelitian ini juga bertujuan pemanfaatan teknologi untuk menghilangkan penggunaan pengawet pada bahan makanan, sehingga penggunaan pengawet makanan yang mungkin berdampak negatif pada kesehatan manusia dapat dihilangkan.

1.6. SISTEMATIKA PENYAJIAN

Sistematika penulisan tesis dibuat dengan bagian-bagian sebagai berikut :

1. Halaman Sampul
2. Halaman Judul
3. Halaman Pernyataan Bebas Plagiarisme
4. Halaman Pernyataan Orisinalitas
5. Halaman Pengesahan
6. Kata Pengantar
7. Halaman Pernyataan Persetujuan Tesis untuk Kepentingan Akademi
8. Abstrak
9. Daftar Isi
10. Daftar Tabel
11. Daftar Gambar
12. Daftar Lampiran.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Tipe PBTA yang tepat untuk pengeringan kurma adalah PBTA *heatpump tunnel*.
2. Berdasarkan hasil pengujian menggunakan metode *oven drying* kadar air kurma segar jenis Sukari sebesar 40%.
3. Berdasarkan hasil pengujian parameter uji rehidrasi, bulk density, perbandingan penyusutan (%), maka dapat disimpulkan pada Tabel 19. Hasil uji perbandingan rehidrasi adalah 0,9 Jika dibandingkan dengan penelitian yang lain perbandingan rehidrasi adalah $0,93 \pm 2$ [31]. Rata-rata *bulk density* meningkat, karena bobot sampel dan volume turun setelah proses rehidrasi. Disimpulkan proses rehidrasi berdampak pada *bulk density* . Rata-rata penyusutan sampel test 1 adalah 45%, sedangkan pada test 2 adalah 39%. Dimana penyusutan pada peneltian sebelumnya adalah 20%[15]. Secara keseluruhan dari parameter pengujian hasil unjuk kerja unit PBTA memenuhi kriteria dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, namun perlu dilakukan studi lebih lanjut terkait perbandingan penyusutan yang lebih besar.
4. Konsumsi energi untuk mengurangi kadar air per kg adalah 35 kiloWH/kg, sebelum dilakukan perbaikan desain. Setelah dilakukan perbaikan desain konsumsi energi untuk mengurangi 1 kg kadar air adalah 12 kiloWH/kg. Disimpulkan efisiensi mesin berpengaruh terhadap konsumsi energi. Perbaikan dilakukan pada diameter pipa *inlet* dan *outlet* serta desain *tunnel*.
5. Proses parameter PBTA menunjukkan proses pengeringan primer, proses sublimasi memerlukan energi pendinginan yang lebih tinggi karena pada proses pengeringan primer, pemanas berkerja secara intermitten dan temperature produk harus dijaga pada temperature -10°C sampai dengan -5°C untuk mencegah pencairan. Tekanan negatif tunnel harus dipastikan $\geq 266,65$ Pascal. Pada proses pengeringan primer, kerja blower, pendingin dan pemanas harus berkerja secara *intermitten* agar parameter proses tercapai.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

6. Penurunan bobot setelah produk diproses pada unit prototipe PBTA dicapai sebesar 13%, atau 32,5% dari kadar air kurma segar jenis Sukari. Jika Dibandingkan penelitian sejenis penurunan bobot berkisar antara 20%-40%[32].
7. Hasil pemeriksaan warna menunjukkan ada peningkatan pada spektrum warna coklat sebesar 23% setelah produk diproses pada unit prototipe PBTA.
8. PBTA adalah metode pengeringan yang efektif mempertahankan kualitas nutrisi, vitamin dan tekstur suatu bahan pangan. Dimana parameter pemanasan dari PBTA tidak lebih dari 60°C. Pada temperature tersebut masih dalam batas aman menghindari degradasi kadar vitamin C suatu bahan pangan [30].
9. Berdasarkan hasil penelitian, teknologi pengering beku tekanan atmosfer dapat dikembangkan pada industry UMKM. Dimana teknologi dapat menghemat konsumsi energi dibanding pengering beku konvesional.
10. Teknologi PBTA dapat dipergunakan untuk menghindari limbah bahan pangan, dimana bahan pangan dapat diawetkan melalui teknologi PBTA, dan mengurangi konsumsi energi penyimpanan menggunakan penyimpanan beku.

5.2. Saran

Agar mendapatkan unjuk kerja unit prototipe yang optimal, maka penulis merekomendasikan perbaikan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil penelitian parameter yang tepat untuk operasional PBTA, seperti yang telah dijelaskan pada Tabel 17. Parameter operasional PBTA. Untuk itu perlu dilakukan optimasi pada kecepatan aliran udara dimana kecepatan udara pada tunnel dipastikan minimal 1,5 m/s.
2. Optimasi waktu proses sesuai dengan Tabel 18.
3. Optimasi proses sublimasi, dengan melakukan evaluasi pada kapasitas pendingin atau perbaikan pada kontrol *intermitten* untuk mempertahankan temperature -10°C sampai dengan -5°C pada proses pengeringan primer.
4. Produk yang telah melalui proses PBTA dapat disimpan menggunakan pengemas vakum untuk mencegah kontaminasi udara luar yang dapat meningkatkan kadar air produk yang sudah dikeringkan.



5. Pemeriksaan kadar vitamin C pada kurma segar dan kurma yang telah diproses PBTA perlu dilakukan untuk verifikasi proses tidak menyebabkan degradasi kadar vitamin.
6. Perbaikan pada insulasi instalasi prototipe diperlukan untuk mengurangi *heat loss* pada sistem.
7. Pengoperasian kerja unit prototipe dapat diperbaiki dengan menambahkan fungsi otomatisasi pada sistem kontrol agar memudahkan pengoperasian.
8. Aspek higienis unit prototipe PBTA diperbaiki, dengan menggunakan material yang tahan terhadap korosi, seperti stainless steel 304 & 316 pada material yang kontak terhadap produk.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta



DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. Scholz, M. Eriksson, and I. Strid, "Resources , Conservation and Recycling Carbon footprint of supermarket food waste," *Resources, Conserv. Recycl.*, vol. 94, no. 2015, pp. 56–65, 2020, doi: 10.1016/j.resconrec.2014.11.016.
- [2] H. Gebru, "Extent , Causes and Reduction Strategies of Postharvest Losses of Fresh Fruits and Vegetables – A Review Related papers."
- [3] C. Brines, A. Mulet, J. V. García-Pérez, E. Riera, and J. A. Cárcel, "Influence of the ultrasonic power applied on freeze drying kinetics," in *Physics Procedia*, 2015, vol. 70, pp. 850–853, doi: 10.1016/j.phpro.2015.08.174.
- [4] S. Mohammad, A. Rahman, and A. S. Mujumdar, "7 Atmospheric Freeze Drying."
- [5] E. Wolff and H. Gibert, "Atmospheric freeze-drying part 1 : Design, experimental investigation and energy-saving advantages," *Dry. Technol.*, vol. 8, no. 2, pp. 385–404, 1990, doi: 10.1080/07373939008959890.
- [6] H. Alshwye and H. Almahasheer, "Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences Glucose content of 35 Saudi Arabian date fruits (Phoenix dactylifera L .)," *J. Saudi Soc. Agric. Sci.*, vol. 21, no. 6, pp. 420–424, 2022, doi: 10.1016/j.jssas.2021.11.004.
- [7] M. Umar Nasir *et al.*, "A review on the nutritional content, functional properties and medicinal potential of dates," *Sci. Lett.*, vol. 3, no. 1, pp. 17–22, 2015.
- [8] Saryono, M. D. Anggraeni, and E. Rahmawati, "Effects of Dates Fruit (Phoenix Dactylifera L.) in the Female Reproductive Process," *Int. J. Recent Adv. Multidiscip. Res.*, vol. 03, no. 07, pp. 1630–1633, 2016.
- [9] K. Nakagawa, A. Horie, and M. Nakabayashi, "Modeling atmospheric freeze-drying of food products operated above glass transition temperature," *Chem. Eng. Res. Des.*, vol. 163, pp. 12–20, Nov. 2020, doi: 10.1016/j.cherd.2020.08.017.
- [10] W. Senadeera, T. Eikevik, W. Senadeera, and T. Eikevik, "Influence of Atmospheric Sublimation and Evaporation on the Heat Pump Fluid Bed Drying of Bovine Intestines Influence of Atmospheric Sublimation and Evaporation on the Heat Pump Fluid Bed Drying of Bovine Intestines," vol. 3937, 2012, doi: 10.1080/07373937.2012.699011.
- [11] B. N. Thorat, A. Sett, and A. S. Mujumdar, "Drying of Vaccines and Biomolecules," *Dry. Technol.*, 2020, doi: 10.1080/07373937.2020.1825293.
- [12] D. Xu, L. Wei, R. Guangyue, L. Wenchao, and L. Yunhong, "Comparative study on the effects and efficiencies of three sublimation drying methods for mushrooms," *Int. J. Agric. Biol. Eng.*, vol. 8, no. 1, pp. 91–97, 2015, doi: 10.3965/ijabe.20150801.012.
- [13] X. Duan, W. C. Liu, G. Y. Ren, and X. Yang, "Effects of different drying methods on the physical characteristics and flavor of dried hawthorns (Crataegus spp.)," *Dry. Technol.*, vol. 35, no. 11, pp. 1412–1421, 2017, doi: 10.1080/07373937.2017.1325898.
- [14] M. Zielinska, P. Zapotoczny, O. Alves-Filho, T. M. Eikevik, and W. Blaszcak, "A multi-stage



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

combined heat pump and microwave vacuum drying of green peas,” *J. Food Eng.*, vol. 115, no. 3, pp. 347–356, 2013, doi: 10.1016/j.jfoodeng.2012.10.047.

[15] M. Zielinska, P. Zapotoczny, O. Alves-Filho, T. M. Eikevik, and W. Blaszcak, “Microwave Vacuum-Assisted Drying of Green Peas Using Heat Pump and Fluidized Bed: A Comparative Study Between Atmospheric Freeze Drying and Hot Air Convective Drying,” *Dry. Technol.*, vol. 31, no. 6, pp. 633–642, Apr. 2013, doi: 10.1080/07373937.2012.751921.

[16] I. C. Claussen, I. Strømmen, B. Egelanddal, and K. O. Strætvern, “Effects of drying methods on functionality of a native potato protein concentrate,” *Dry. Technol.*, vol. 25, no. 6, pp. 1091–1098, Jun. 2007, doi: 10.1080/07373930701396444.

[17] O. Alves-Filho, T. Eikevik, A. Mulet, C. Garau, and C. Rossello, “Kinetics and mass transfer during atmospheric freeze drying of red pepper,” *Dry. Technol.*, vol. 25, no. 7–8, pp. 1155–1161, 2007, doi: 10.1080/07373930701438469.

[18] X. Duan, W. C. Liu, G. Y. Ren, X. T. Yang, and Y. H. Liu, “Atmospheric freeze drying garlic slices based on freezing point depression,” *Int. J. Agric. Biol. Eng.*, vol. 8, no. 4, pp. 133–139, Aug. 2015, doi: 10.3965/j.ijabe.20150804.1933.

[19] I. C. Claussen, T. Andresen, T. Eikevik, and I. Strømmen, “Atmospheric freeze drying - Modeling and simulation of a tunnel dryer,” *Dry. Technol.*, vol. 25, no. 12, pp. 1959–1965, 2007, doi: 10.1080/07373930701727275.

[20] X. Duan, L. Ding, G. Y. Ren, L. L. Liu, and Q. Z. Kong, “The drying strategy of atmospheric freeze drying apple cubes based on glass transition,” *Food Bioprod. Process.*, vol. 91, no. 4, pp. 534–538, Oct. 2013, doi: 10.1016/j.fbp.2013.06.005.

[21] G. Thamkaew, I. Sjöholm, and F. G. Galindo, “A review of drying methods for improving the quality of dried herbs,” *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, vol. 61, no. 11, pp. 1763–1786, 2021, doi: 10.1080/10408398.2020.1765309.

[22] S. K. Chin and C. L. Law, “Product quality and drying characteristics of intermittent heat pump drying of *Ganoderma tsugae* Murrill,” *Dry. Technol.*, vol. 28, no. 12, pp. 1457–1465, 2010, doi: 10.1080/07373937.2010.482707.

[23] N. Colak and A. Hepbasli, “A review of heat pump drying: Part 1 - Systems, models and studies,” *Energy Convers. Manag.*, vol. 50, no. 9, pp. 2180–2186, 2009, doi: 10.1016/j.enconman.2009.04.031.

[24] H. Skogseth, T. Eikvik, K. E. Tvedt, I. Strømmen, E. Larsson, and J. Halgunset, “Can Drying Be an Alternative Tissue Preservation Method in Cancer Research Biobanking?,” *Dry. Technol.*, vol. 32, no. 6, pp. 713–719, 2014, doi: 10.1080/07373937.2013.858262.

[25] X. Duan, X. Yang, G. Ren, Y. Pang, L. Liu, and Y. Liu, “Technical aspects in freeze-drying of foods,” *Drying Technology*, vol. 34, no. 11. Taylor and Francis Inc., pp. 1271–1285, Aug. 17, 2016, doi: 10.1080/07373937.2015.1099545.

[26] I. D. Symposium, “FREEZE DRYING OF FOOD PRODUCTS IN A CLOSED SYSTEM Jan Stawczyk , Sheng Li and Romuald Zylla Faculty of Process and Environmental Engineering , Lodz Technical University ,” *Symp. A Q. J. Mod. Foreign Lit.*, no. August, pp. 949–953, 2004.

[27] D. BUTZ and M. SCHWARZ, “Heat pump drying (HPD): How refrigeration technology provides an alternative for common drying challenges,” *KI. Luft- und Kältetechnik*, vol. 40, no. 4, pp.



140–144, 2004.

[28] J. V. Santacatalina, D. Fissore, J. A. Cárcel, A. Mulet, and J. V. García-Pérez, “Model-based investigation into atmospheric freeze drying assisted by power ultrasound,” *J. Food Eng.*, vol. 151, pp. 7–15, 2015, doi: 10.1016/j.jfoodeng.2014.11.013.

[29] X. Duan, W. C. Liu, G. Y. Ren, and X. Yang, “Effects of different drying methods on the physical characteristics and flavor of dried hawthorns (*Crataegus* spp.),” *Dry. Technol.*, vol. 35, no. 11, pp. 1412–1421, Aug. 2017, doi: 10.1080/07373937.2017.1325898.

[30] A. Herbig and C. M. G. C. Renard, “Factors that impact the stability of vitamin C at intermediate temperatures in a food matrix,” *Food Chem.*, vol. 220, pp. 444–451, 2017, doi: 10.1016/j.foodchem.2016.10.012.

[31] A. Reyes, A. Mahn, and P. Huenulaf, “Drying of apple slices in atmospheric and vacuum freeze dryer,” *Dry. Technol.*, vol. 29, no. 9, pp. 1076–1089, Jul. 2011, doi: 10.1080/07373937.2011.568657.

[32] Z. Pan, C. Shih, T. H. McHugh, and E. Hirschberg, “Study of banana dehydration using sequential infrared radiation heating and freeze-drying,” *LWT - Food Sci. Technol.*, vol. 41, no. 10, pp. 1944–1951, 2008, doi: 10.1016/j.lwt.2008.01.019.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

LAMPIRAN 1 DESAIN & KOMPONEN PBT

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

Scale 1:20

Jumlah	Nama Bagian	No. bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
III	Perubahan:			A3	
	Mesin AFD			Skala 1:25	Digambar 280822
					Diperiksa
					Eko
					S2 Manufaktur



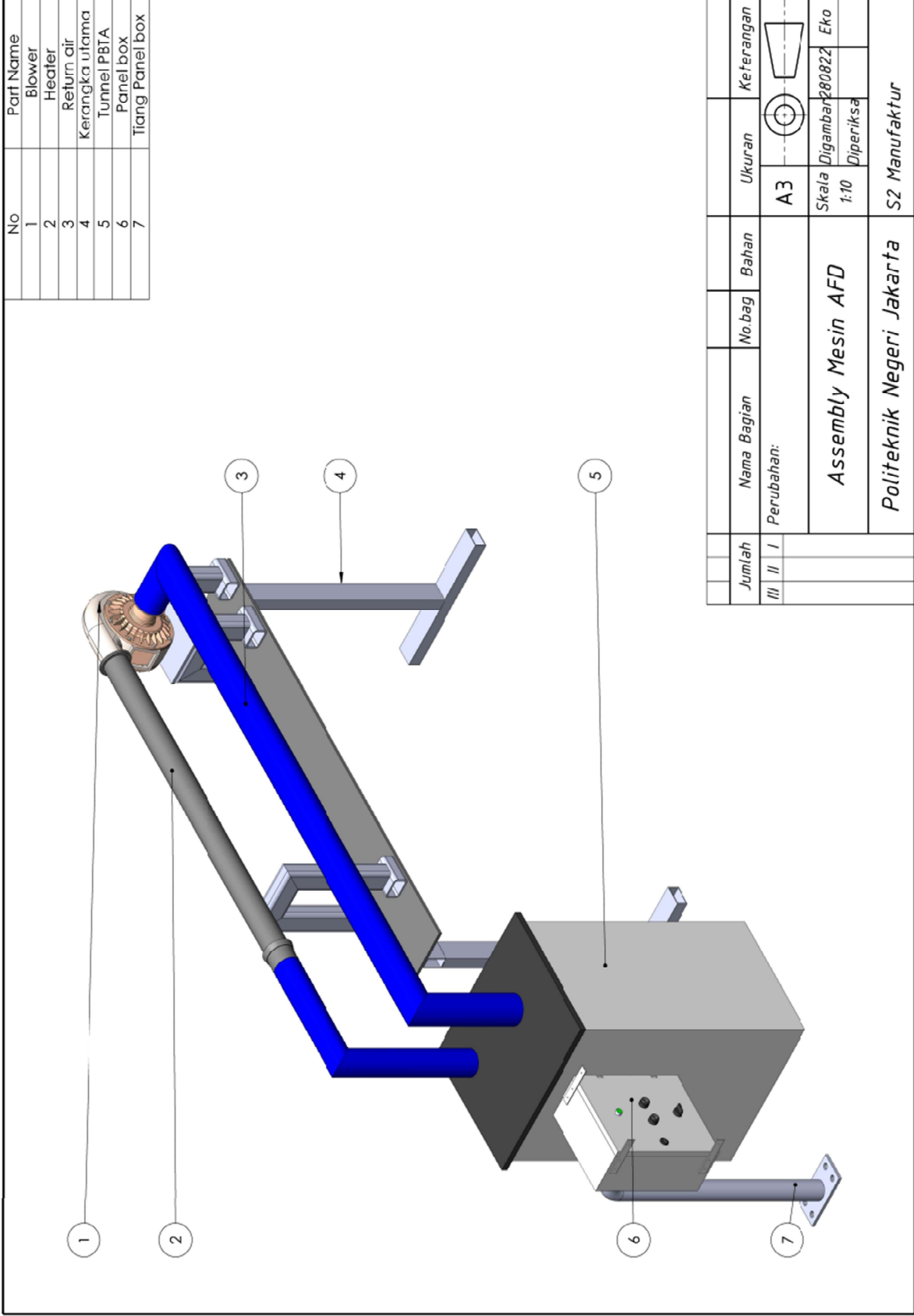
© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan , penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

LAMPIRAN 2

GAMBAR PROTOTIPE PBTA

