

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Deskripsi Proyek

Departemen produksi PT. JZ menangani sekitar 300.000 kg proses *defrosting* produk *poultry* setiap minggunya. PT. JZ telah memiliki sistem *defrosting* dengan metode *air blast* yang digunakan untuk produksi hariannya tetapi *water leakage* tidak dapat dihindari. *Water leakage* yang terjadi sangat bervariasi karena PT. JZ menangani berbagai macam produk seperti dada ayam natural, dada ayam *salted*, sayap, dll. PT. JZ kehilangan paling tidak satu juta euro per tahunnya dengan asumsi rata-rata kerugian berat sebesar 2% dan harga jual rata-rata €3,5/kg . Setiap peningkatan kecil yang dapat dilakukan akan membantu PT. JZ menghemat banyak uang sehingga PT. JZ ingin mengetahui bagaimana proses *defrosting* dapat ditingkatkan. Tujuan dari proyek ini ialah mengoptimalkan proses *defrosting* PT. JZ untuk mendapatkan *water leakage* yang lebih sedikit yang akan berujung pada penurunan berat yang lebih kecil. Hasil lain yang juga diharapkan ialah waktu *defrosting* yang lebih singkat (atau *defrosting* yang lebih cepat) yang memberikan peluang untuk peningkatan produktivitas PT. JZ.

1.2. Profil Perusahaan

PT. JZ bermula sebagai sebuah toko daging yang pertama dibuka di kota Leiden pada tahun 1955. PT. JZ kemudian berkembang hingga berhasil membuka 18 cabang toko daging dan departemen produksi pun mulai dibuka. PT. JZ berpindah ke kota Veenendaal pada bulan Oktober 1992 karena lokasinya yang strategis berada di pusat negara Belanda dan dunia. Selanjutnya fasilitas produksi, penyimpanan, dan kantor berkembang

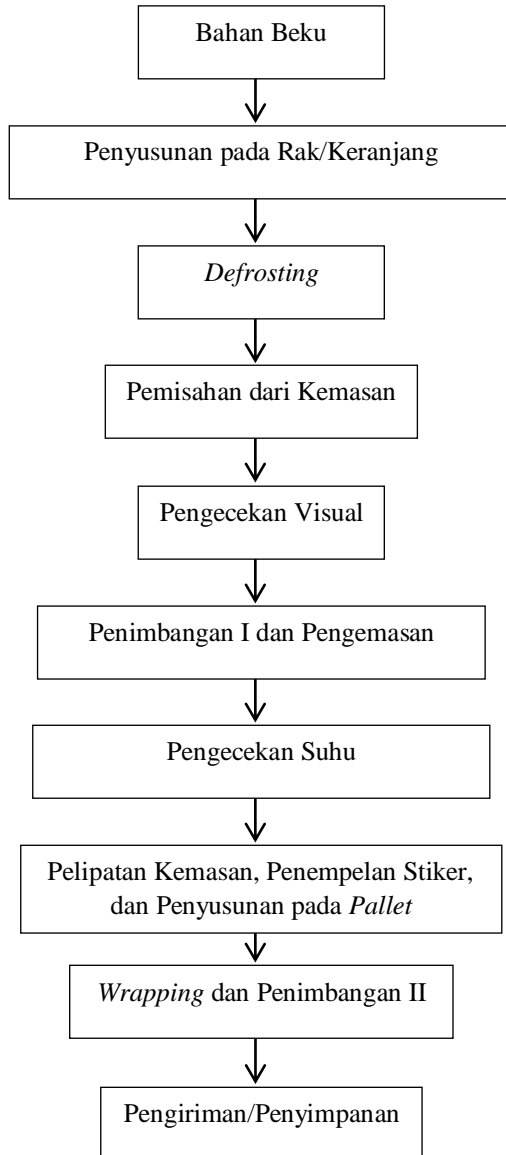
dengan cepat di lokasi yang baru. PT. JZ merupakan perusahaan *business-to-business* (B2B) yang bergerak di pasar daging internasional. PT. JZ mengimport berbagai daging berkualitas tinggi dari berbagai negara di dunia seperti Amerika Selatan, Amerika Serikat, Kanada, Australia, Selandia Baru, serta berbagai negara di Eropa dan Asia. Produk yang dipasarkan PT. JZ meliputi produk daging sapi, sapi muda (*veal*), babi, kambing, serta unggas (*poultry*).

1.3. Metode *Defrosting* di PT. JZ

Bahan baku proses *defrosting* PT. JZ ialah *frozen block* yang disimpan dalam *cold storage* dengan suhu -20°C yang disediakan oleh departemen ekspedisi. Proses *defrosting* hanya dilakukan berdasarkan pesanan dan bahan baku *frozen block* dikeluarkan dari *cold storage* dengan sistem otomatis. *Frozen block* tersebut terbungkus dengan *polybag* sebagai kemasan primer dan karton sebagai kemasan sekunder. Diagram alir proses *defrosting* yang telah disederhanakan dapat dilihat pada Gambar 1.1. Tahapan penyusunan pada rak/keranjang dan *defrosting* merupakan tahapan yang paling penting dalam proyek ini dan akan dibahas lebih lanjut.

1) Penyusunan pada Rak/Keranjang

PT. JZ menggunakan rak dan keranjang untuk proses *defrosting*. Rak digunakan untuk produk dengan *drip loss* yang rendah seperti produk *salted*, sedangkan produk dengan *drip loss* tinggi seperti *fillet natural* diletakkan pada keranjang-keranjang yang disusun pada *pallet*. *Frozen block* disusun pada rak atau keranjang segera setelah dikeluarkan dari *cold storage*. *Frozen block* tersebut disusun masih bersama *polybag* kemasan primernya sedangkan karton sebagai kemasan sekunder disingkirkan. Rak atau *pallet* yang telah selesai disusun segera dipindahkan ke dalam *tempereer cell* dengan menggunakan *forklift*.



Gambar 1.1. Diagram Alir Sederhana Proses *Defrosting* Produk Unggas

Sumber: PT. JZ (2017) dengan modifikasi

2) *Defrosting*

Proses *defrosting* berlangsung dalam *tempereer cell* dengan menggunakan sistem *air blast*. *Tempereer cell* merupakan istilah yang digunakan PT. JZ untuk ruangan yang digunakan untuk proses *defrosting*. Di dalam *tempereer cell*, udara dibuat mengalir oleh 9 buah kipas yang berada di atas ruang. *Tempereer cell* dinyalakan saat semua rak atau *pallet* telah berada di dalam ruangan. Dua buah sensor dalam setiap ruangan dimasukkan ke dalam produk untuk memonitor suhu produk. Suhu ruangan dan suhu produk selalu direkam dan dimonitor setiap saat. Suhu ruangan dalam *tempereer cell* diatur dengan *thermostat* agar berada pada 10-15°C selama *defrosting*. Suhu produk akhir yang diharapkan ialah 0-3,5°C dan *tempereer cell* akan secara otomatis mengubah suhu ruangnya menjadi mode *cooling* (0°C) saat suhu produk yang diharapkan telah tercapai.

PT. JZ memiliki 3 buah *tempereer cell*: sel 15, sel 4, dan sel 5. Sel 15 difungsikan hanya untuk proses *defrosting* dengan ruangan setinggi 8 m dan luas area 64,4 m² (13,85 m x 4,65 m) . Sel 15 hanya memiliki kipas pada salah satu dinding saja tanpa kemampuan untuk membalik arah aliran udara. Kedua sel yang lain (sel 4 dan 5) memiliki performa yang lebih baik dalam *defrosting* karena adanya sistem yang dapat membalik arah aliran udara setiap 4 jam sekali untuk mendapatkan hasil yang lebih homogen. Akan tetapi, sel 4 dan 5 juga digunakan untuk proses pembekuan. Sel 4 dan 5 memiliki tinggi 2,3 m dengan luas area 75 m² (15 m x 5 m) dan 112,5 m² (15 m x 7,5 m).

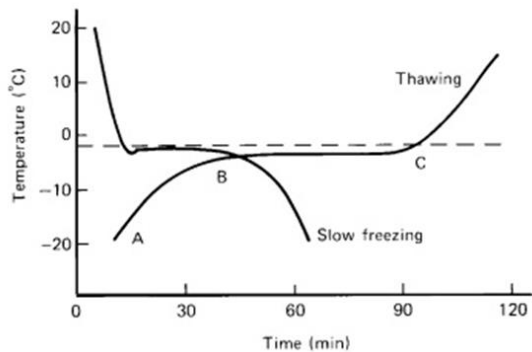
Pengukuran kecepatan angin dilakukan pada beberapa spot dalam sel 5 dan hasil menunjukkan bahwa kecepatan angin dalam sel 5 tidak seragam. Kecepatan angin terukur bervariasi antara 1,2-7,8 m/s (diukur dengan menggunakan Anemometer BASETech BS-10AN). Hasil pengukuran kecepatan angin dapat dilihat pada Lampiran A. *Relative humidity* (RH)

dalam sel 5 diukur dengan TFA Digital Thermo-Hygrometer dengan hasil sekitar 50-60%.

1.4. Tinjauan Pustaka

1.4.1. *Defrosting*

Defrosting merupakan proses pengubahan air yang beku ke bentuk cairnya dan perubahan wujud dari padat ke cair tersebut membutuhkan banyak energi (Ragnarsson dan Vioarsson, 2017). *Defrosting* terdiri dari tahap kenaikan suhu dari suhu beku menuju titik cair dan tahapan pecaian itu sendiri (Haugland, 2002). Ilustrasi perubahan suhu selama proses *defrosting* dapat dilihat pada Gambar 1.2.



Gambar 1.2. Perubahan Suhu selama *Defrosting*

Sumber: Fellows (2000)

Proses *defrosting* merupakan kebalikan dari proses pembekuan. Jika produk melepaskan kalor selama proses pembekuan, proses *defrosting* memberikan kalor pada produk (Ragnarsson dan Vioarsson, 2017). *Defrosting* berlangsung lebih lama dibandingkan pembekuan karena lapisan luar yang mecair dahulu bertindak sebagai resistansi perpindahan panas.

Nilai resistansi terus menurun selama pembekuan tetapi kian meningkat pada *defrosting* (Backi, 2015).

Menurut Karel dan Lund (2013), *defrosting* berlangsung sepuluh kali lebih lambat dibandingkan pembekuan. Perkiraan ini berdasarkan *thermal diffusivity* (α) yang proporsional dengan perpindahan panas.

$$\alpha = k/c_p\rho$$

dengan k sebagai konduktivitas termal, c_p sebagai panas spesifik, dan ρ sebagai densitas. Nilai k suatu makanan pada kondisi beku ialah 4-5 kali dari kondisi tidak beku dan c_p makanan beku sekitar setengah dari makanan tidak beku. Dengan asumsi densitas yang hampir sama, ratio $\alpha(\text{beku})/\alpha(\text{tidak beku})$ ialah sekitar 10.

Air ialah bagian yang paling terpengaruh pada pembekuan dan *defrosting* daging (Akhtar, Khan, dan Faiz, 2013) dan pertumbuhan Kristal es menyebabkan kerusakan pada sel dan jaringan daging. Setelah *defrosting*, sel tidak dapat kembali ke keadaan semula sehingga menyebabkan pelunakkan tekstur dan kebocoran sel. Beberapa hal yang perlu dipertimbangkan dalam *defrosting* ialah menghindari *overheating*, meminimalis waktu *defrosting*, dan menghindari dehidrasi pada produk (Fellows, 2000).

1.4.2. Air Blast Defrosting

Udara telah banyak digunakan sebagai medium *defrosting* baik dalam aplikasi skala rumah tangga dan industri. *Defrosting* dengan menggunakan medium udara didasari oleh fenomena perpindahan panas secara konveksi. Perpindahan panas secara konfektif dapat dibagi menjadi natural dan *forced convection* (Backi, 2015). *Defrosting* dengan membiarkan produk berada pada udara terbuka secara normal merupakan

contoh dari *natural convection* dan *air blast defrosting* yang digunakan PT. JZ merupakan contoh dari *forced convection*.

Pada *air blast defrosting*, udara dikondisikan untuk terus menerus mengalir pada permukaan objek (Backi, 2015). Udara yang terus menerus disirkulasikan tersebut mencegah terbentuknya *boundary layer* dan terjadinya isolasi produk. *Forced convection* dapat meningkatkan koefisien konveksi udara dari 15-30 W/m²K mencapai 100 W/m²K (Ragnarsson dan Vioarsson, 2017).

Defrosting dengan udara memiliki kerugian risiko oksidasi lipid yang tinggi dan *surface drying* (Backi, 2015) tetapi kerugian tersebut tidak menjadi masalah yang besar bagi PT. JZ karena *defrosting* dilakukan dalam keadaan produk masih berada di dalam kemasan plastik. *Moisture loss* masih dapat terjadi melalui proses *moisture equilibration* terutama jika terdapat perbedaan kelembaban yang tinggi antara lingkungan dan produk.

1.4.3. Metode Baru yang Tersedia di Pasaran

Menurut Backi (2015), metode *defrosting* yang ada dapat dibagi menjadi dua kelompok besar: metode yang bertindak pada permukaan dan metode yang bertindak pada bagian dalam produk. Kebanyakan metode yang bertindak pada permukaan merupakan metode-metode konvensional yang memanfaatkan kemampuan konveksi udara dan air. Contoh dari metode-metode konvensional ialah *defrosting* dengan perendaman dalam air, *defrosting* pada udara terbuka, dan *air blast defrosting* yang digunakan PT. JZ.

Metode yang cukup baru dalam kelompok metode yang bertindak di permukaan ialah *vacuum defrosting* dan *contact defrosting*. *Vacuum defrosting* bekerja berdasarkan prinsip bahwa titik didih air menurun seiring menurunnya tekanan. Selain itu, *vacuum defrosting* juga memanfaatkan

kondensasi uap air yang menghasilkan panas. *Contact defrosting* membutuhkan *frozen block* untuk mengalami kontak langsung di kedua sisinya dengan pelat logam pemanas (Backi, 2015).

Metode yang bertindak dari dalam ialah metode-metode yang dapat menghasilkan panas dari dalam produk itu sendiri. Penghasilan panas tersebut dapat dicapai dengan berbagai teknik dan yang paling umum digunakan ialah *dielectric defrosting*, *microwave defrosting*, *electric resistance defrosting*, dan *ultrasonic defrosting*. Panas dihasilkan dari perubahan wujud energi listrik atau gelombang suara atau energi elektromagnetik frekuensi tinggi. Kerugian terbesar dari metode-metode ini ialah *overheating* pada permukaan dan beberapa spot tertentu dalam produk dikarenakan heterogenitas komposisi dan bentuk produk makanan. Selain itu, metode-metode tersebut lebih mudah diserap oleh bagian produk yang telah meleleh dibandingkan bagian yang beku sehingga lebih memicu terjadinya *overheating* kecuali metode *ultrasound defrosting* yang lebih mudah diserap oleh bagian produk yang masih beku. Akan tetapi, terjadinya *overheating* tetap masih sulit untuk dihindari pada *ultrasound defrosting* (Haugland, 2002).

Berdasarkan penjelasan di atas, *vacuum defrosting* dan *ultrasonic defrosting* merupakan opsi yang paling baik untuk PT. JZ. *Ultrasound* sebagai gelombang bunyi membutuhkan medium untuk merambat sehingga biasanya digunakan *waterbath* tetapi hal tersebut kurang sesuai untuk kapasitas produksi PT. JZ yang besar. Sementara *ultrasound defrosting* belum siap diaplikasikan dalam industri skala besar, mesin untuk *vacuum defrosting* telah diproduksi oleh PT. G yang dapat dilihat pada Gambar 1.3.

PT. G memproduksi “ColdSteam T” *defrosting tumbler* dengan prinsip injeksi uap bersuhu rendah dalam kondisi *vacuum*. Uap suhu rendah mencegah terjadinya denaturasi protein dan mempertahankan properti

organoleptik produk. PT. G juga mengklaim *defrosting* lebih cepat dibandingkan metode konvensional, produk akhir konsisten, dan bebas kontaminasi ataupun pertumbuhan mikrobia selama proses *defrosting* sendiri.



Gambar 1.3. ColdSteam T
Sumber: GEA Group 2018 (2018)

“ColdSteam T” *defrosting tumbler* menawarkan kelebihan adanya *heating* dan *cooling jacket* serta sistem *tumbling*. Sistem *heating jacket* di permulaan proses memastikan uap tidak terkondensasi pada permukaan mesin dan secara efektif terkondensasi pada permukaan produk. Setelah produk cair, *cooling jacket* dimulai untuk menyetarakan suhu permukaan dan pusat produk, dan selanjutnya tahap *massaging* akan dimulai. Keuntungan dari sistem *tumbling* dapat dirasakan dimulai dari tahap *massaging* ketika semua cairan dipijatkan agar terserap kembali oleh daging. Dengan menggunakan sistem ini, 100% atau bahkan lebih *defrosting yield* dapat diperoleh.

1.4.4. Pengaruh Lama Waktu *Defrosting* terhadap Penurunan Berat

Waktu *defrosting* sangat berhubungan erat dengan kecepatan *defrosting*. Waktu *defrosting* yang lebih rendah mengindikasikan kecepatan *defrosting* yang lebih tinggi sedangkan waktu *defrosting* yang lebih tinggi menunjukkan kecepatan *defrosting* yang lebih lambat. Pustaka mengenai

waktu *defrosting* atau kecepatan *defrosting* sangatlah terbatas dan beberapa pustaka menunjukkan hasil yang berkontradiksi.

Dikutip oleh Yu, Li, Zhao, Xu, Ma, Zhou, dan Bolez (2010), Leygonie, Britz, dan Hoffman (2012), dan Akhtar *et al.* (2013), Gonzales-Sanguinetti, Anon, dan Calvelo (1985) menunjukkan bahwa peningkatan waktu *defrosting* (atau kecepatan *defrosting* lebih rendah) menyebabkan penurunan berat yang lebih rendah. Hasil tersebut mengusulkan bahwa jumlah akhir air yang keluar dari produk dipengaruhi oleh panjang pendeknya waktu yang diberikan untuk terjadinya reabsorpsi air. Gonzales-Sanguinetti *et al.* (1985) juga menyimpulkan bahwa jumlah akhir air yang keluar tidak lagi dipengaruhi oleh kecepatan *defrosting* jika waktu reabsorpsi yang diberikan cukup panjang.

Ngapo, Babare, Reynolds, dan Mawson (1999) menunjukkan hasil yang bertolak belakang bahwa terjadi penurunan berat yang lebih tinggi dengan *defrosting* yang lebih lambat. Akhtar *et al.* (2013) dan Ambrosiadis *et al.* (1994) dalam Ngapo *et al.* (1999) menjelaskan bahwa *defrosting* yang lebih lambat menyebabkan lebih banyak kerusakan terhadap jaringan daging karena resiko terjadinya rekristalisasi es yang lebih tinggi. Yu *et al.* (2010) juga menyimpulkan bahwa pengaruh waktu *defrosting* terhadap penurunan berat tidaklah linear dan terdapat pengaruh interaksi kecepatan pembekuan dan kecepatan *defrosting* terhadap penurunan berat.

1.5. Hipotesa

Persoalan utama PT. JZ ialah terjadinya penurunan berat selama proses *defrosting*. Setiap persen penurunan berat merupakan kerugian yang besar bagi PT. JZ mengingat kapasitas produksinya yang besar. Hasil lain yang dapat diharapkan ialah peningkatan kecepatan *defrosting* yang dapat

mempersingkat waktu *defrosting* dan memberikan kesempatan bagi PT. JZ untuk meningkatkan produktivitas.

Instalasi peralatan atau mesin dengan teknologi *defrosting* terbaru merupakan salah satu solusi yang baik untuk optimisasi proses *defrosting* tetapi tingginya investasi yang dibutuhkan dapat menjadi pertimbangan. Peningkatan terhadap metode *defrosting* yang telah dimiliki oleh PT. JZ juga merupakan opsi yang baik untuk mencapai optimisasi. PT. JZ saat ini menggunakan metode *forced convection* dengan udara normal dalam ruang *defrosting*. Salah satu cara sederhana yang efektif dalam mengoptimisasi proses *defrosting* PT. JZ ialah dengan meningkatkan *relative humidity* (RH) ruang *defrosting* milik PT. JZ. Ragnarsson dan Vioarsson (2017) menyatakan bahwa penurunan berat dapat diminimalisasi dengan mempertahankan kelembapan udara yang tinggi dan Haugland (2002) menjelaskan bahwa *defrosting* dengan udara lembab membawa keuntungan dari mekanisme konveksi maupun kondensasi.

Dengan peningkatan RH dalam ruang, kecepatan *defrosting* diekspektasi menjadi lebih tinggi karena peningkatan RH dapat menyebabkan peningkatan koefisien perpindahan panas konveksi (h). Hipotesa ini didasarkan oleh pemikiran bahwa dengan meningkatkan fraksi air di udara, maka h akan menjadi lebih tinggi karena nilai h air yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan udara kering seperti yang dapat dilihat pada Tabel 1.1. Properti fisik air dan udara kering juga dapat dilihat pada Lampiran B.

PT. JZ memiliki rencana untuk menggunakan keranjang pada semua proses *defrosting* karena adanya masalah kebersihan dengan penggunaan rak. Penurunan sisi keranjang dapat dilakukan untuk mendapatkan sirkulasi udara yang lebih baik dengan harapan peningkatan kecepatan *defrosting* dapat diperoleh. Peningkatan RH dan penurunan sisi keranjang diharapkan

dapat mengurangi waktu *defrosting* hingga 30-50%. Dengan *defrosting* yang lebih cepat, PT. JZ dapat meningkatkan produktivitas atau menurunkan suhu *defrosting* dengan harapan diperolehnya penurunan berat yang lebih rendah. Hasil terhadap penurunan berat sangat susah untuk diprediksi karena terbatasnya sumber pustaka tetapi peningkatan RH diekspektasi dapat mengurangi penurunan berat karena perbedaan kelembaban antara produk dan udara dapat dikurangi.

Tabel 1.1. Beberapa Nilai Perkiraan Koefisien Perpindahan Panas Konveksi

Fluida	Koefisien Perpindahan Panas Konveksi (W/m ² K)
Udara	
<i>Free Convection</i>	5-25
<i>Forced Convection</i>	10-200
Air	
<i>Free Convection</i>	20-100
<i>Forced Convection</i>	50-10.000
Air Mendidih	3.000-100.000
Kondensasi Uap Air	5.000-100.000

Sumber: Singh dan Heldman (2009)