

Pengaruh Posisi *Supply-Return* Udara Terhadap Distribusi Temperatur Ruang Penyimpanan Sayur Kol Menggunakan *Computational Fluid Dynamics*

Muhammad Rakha Pradana^{1,a}, Apip Badarudin^{1,b}, Nur Khakim^{1,c}

¹Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara, Politeknik Negeri Bandung

^aEmail : m.rakhaprdrn@gmail.com

^bEmail : apipbdr@polban.ac.id

^cEmail : nur.khakim@polban.ac.id

ABSTRAK

Sayur kol merupakan salah satu jenis sayuran yang mudah rusak. Agar sayur kol terjaga keawetannya dengan baik, dibutuhkan sebuah ruang penyimpanan. Ruang penyimpanan harus memperhatikan beberapa aspek salah satunya pola aliran udara. Ruang penyimpanan pada simulasi ini memiliki ukuran 6m x 6m x 3m dengan posisi *supply-return* udara berbeda yaitu 180°, 90°, dan 360° yang menyebabkan adanya variasi pola aliran udara pada ruang penyimpanan. Data kecepatan dan temperatur menggunakan perhitungan dengan acuan spesifikasi dan standar-standar ASHRAE. Untuk mengetahui pendistribusian temperatur pada ruang penyimpanan dilakukan simulasi menggunakan CFD (*computational fluid dynamics*). Simulasi dilakukan dengan mengambil data di lima titik pengukuran pada tiap kontur ruangan, kemudian didapat temperatur rata-rata ruangan pada masing-masing posisi *supply-return* udara. Hasil simulasi menunjukkan temperatur ruangan rata-rata pada saat posisi *supply-return* udara 180° adalah sebesar -1,344°C, pola 90° sebesar -1,328°C, dan pola 360° sebesar -1,68°C. Dari hasil tersebut diketahui temperatur ruangan rata-rata pada saat posisi *supply-return* udara 360° lebih tinggi dibandingkan posisi 90° dan 180°.

Kata Kunci

Computational Fluid Dynamics, Distribusi Temperatur, Pola Aliran Udara, Ruang Penyimpanan Sayur Kol

1. PENDAHULUAN

Sayur kol atau kubis merupakan sayuran yang cukup populer dan banyak dikonsumsi di kalangan masyarakat Indonesia. Menurut Badan Pusat Statistik, produksi sayur kol di Indonesia mencapai 1,41 juta ton dan berada pada urutan lima besar produksi sayuran terbanyak. Namun, sayur kol memiliki sifat mudah rusak dan tidak tahan disimpan dalam waktu jangka panjang. Sifat mudah rusak pada sayur kol terjadi akibat daun yang lunak dan kandungan airnya yang sangat tinggi sehingga mudah terserang penyakit tumbuhan dan terjadi pembusukan[1]. Salah satu cara agar kualitas pada sayur kol tetap terjaga adalah dengan menyimpannya pada ruang penyimpanan. Ruang penyimpanan adalah ruangan yang dirancang khusus untuk menjaga suatu produk dengan kondisi temperatur tertentu agar tetap terjaga kesegaran dan keawetannya[2].

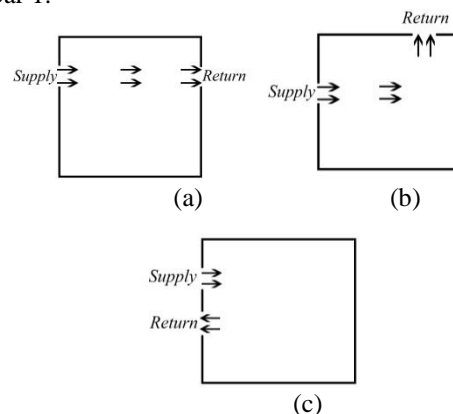
Temperatur produk yang disimpan di dalam ruang penyimpanan harus dijaga sesuai dengan standar yang berlaku untuk sayuran yang akan disimpan. Faktor-faktor lain yang harus diperhatikan dalam penyimpanan produk yaitu salah satunya adalah memperhatikan pola aliran udara di ruang penyimpanan[3]. Faktor tersebut akan memengaruhi distribusi temperatur di dalam ruang penyimpanan. Distribusi temperatur pada ruang penyimpanan dibuat merata agar temperatur produk yang ingin kita dinginkan tercapai sesuai rancangan. Untuk mengetahui distribusi temperatur pada ruang penyimpanan merata, dilakukan simulasi menggunakan CFD (*Computational Fluid Dynamics*).

Computational Fluid Dynamics adalah metode perhitungan, memprediksi, dan pendekatan aliran secara numerik dengan bantuan komputer. CFD banyak digunakan pada berbagai area aplikasi industri maupun

non-industri. Beberapa contoh pengaplikasiannya adalah pada sistem HVAC, turbin gas, dan distribusi polutan[4]. CFD memiliki 3 elemen utama yakni *pre-processing, solver, dan post-processing*.

Parameter-parameter yang dibutuhkan saat melakukan simulasi yaitu temperatur *supply*, debit udara, temperatur dinding, dan temperatur produk. Analisis temperatur udara pada ruang penyimpanan dilakukan dengan cara memvariasikan pola aliran udara yaitu mengubah posisi *supply-return* udara.

Adilah (2019) melakukan tugas akhir pengaruh variasi debit aliran udara suplai terhadap distribusi temperatur pada ruang cleanroom PT. Sanbe Farma menggunakan CFD. Pola aliran udara yang digunakan adalah jenis *unidirectional flow* dengan posisi *supply-return* 90°. Hasil dari analisis tugas akhir tersebut adalah debit udara suplai 100% memenuhi standar dan kriteria ASHRAE dan CPOB[5]. Pada penelitian kali ini, posisi *supply-return* udara yang digunakan ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Posisi *supply-return* udara di dalam ruang penyimpanan (a) 180°; (b) 90°; dan (c) 360°

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui seberapa besar pengaruh posisi *supply-return* udara terhadap distribusi temperatur, seberapa besar pengaruh produk di dalam ruang penyimpanan terhadap distribusi temperatur, dan pengaruh posisi *supply-return* udara terhadap temperatur ruangan rata-rata ruang penyimpanan.

2. METODE

Aplikasi CFD yang digunakan pada simulasi adalah *Ansys*. Langkah simulasi dimulai dari *pre-processing*, *solver*, dan *post processing*[6].

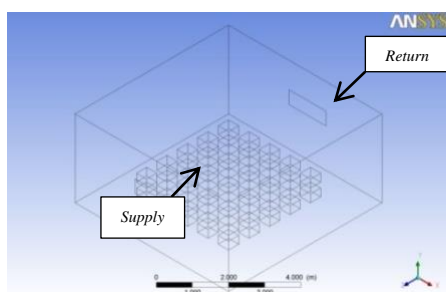
2.1 Pre-Processing

Pada tahap ini dilakukan pemodelan, *meshing*, dan pengaturan parameter-parameter yang digunakan pada ruang penyimpanan yang akan disimulasikan. Ruang penyimpanan yang digunakan untuk pemodelan simulasi ini adalah ruang penyimpanan sayur kol. Ruang penyimpanan ini memiliki volume 108 m³. Tabel 1 berikut merupakan data batasan-batasan ruang penyimpanan sayur kol.

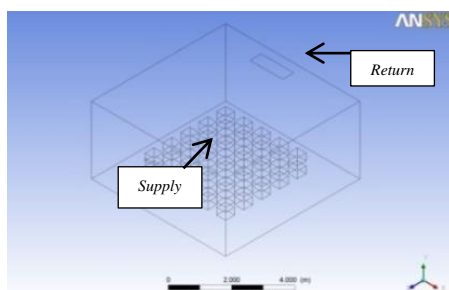
Tabel 1 Batasan-batasan ruang penyimpanan

Ukuran ruang penyimpanan (p x l x t)	6m x 6m x 3m
Ukuran <i>supply</i> (p x l)	1,73m x 0,5m
Ukuran <i>return</i> (p x l)	1,73m x 0,5 m
Ukuran produk (p x l x t)	40cm x 40cm x 30cm
Temperatur dinding ruang penyimpanan	25°C
Temperatur <i>supply</i>	-2°C
Temperatur produk	0°C

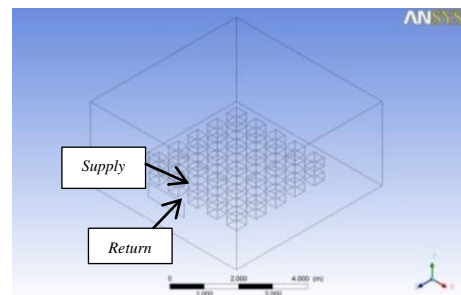
Posisi *supply-return* udara ruang penyimpanan dibagi menjadi tiga yaitu 180°, 90°, dan 360°. Sketsa ruang penyimpanan dibuat pada tahap *pre-processing* menggunakan *ansys design modeler* dengan masing-masing posisi ditampilkan pada Gambar 2.



(a)



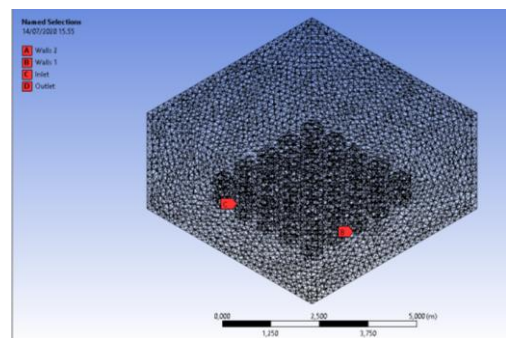
(b)



(c)

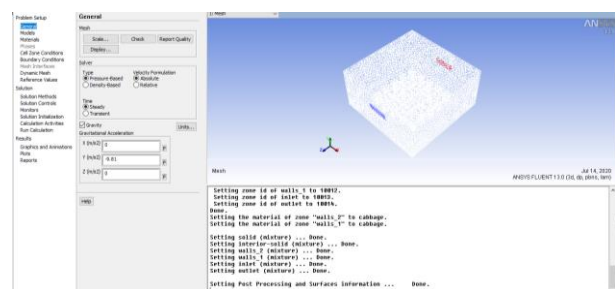
Gambar 2 Sketsa ruang penyimpanan posisi *supply-return* (a) 180°, (b) 90°, (c) 360°

Setelah melakukan *modeling* pada ruang penyimpanan, dilakukan proses *meshing*. Proses ini akan terbagi menjadi elemen-elemen berhingga sehingga proses perhitungan numerik bisa dilakukan. Penamaan bagian-bagian pada ruang penyimpanan seperti *inlet* atau *supply*, *outlet* atau *return*, dan *walls* dilakukan juga pada tahap *meshing*.



Gambar 3 Tampilan menu *meshing* pada *ansys*

Langkah selanjutnya yaitu proses *setup* atau pengaturan parameter-parameter yang akan digunakan pada simulasi ruang penyimpanan seperti memasukkan temperatur lingkungan, temperatur *supply*, temperatur produk, ukuran *supply-return*, untuk kemudian dilakukan iterasi pada tahap *solver*.



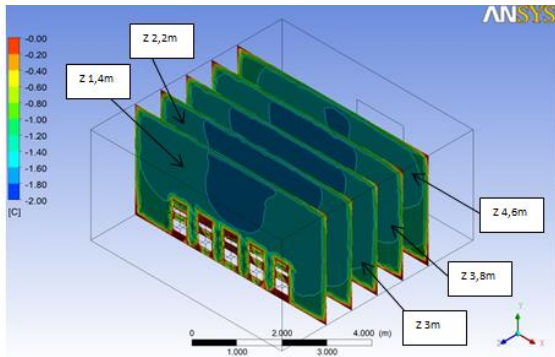
Gambar 4 Tampilan menu *setup* pada *ansys*

2.2 Solver

Pada tahap ini, dilakukan iterasi terhadap model ruang penyimpanan yang telah melakukan *meshing* dan diatur pada kondisi batas fluida sesuai dengan hasil pengukuran pada ruang penyimpanan yang telah dilakukan. Lamanya waktu perhitungan dilihat dari konvergensi iterasi.

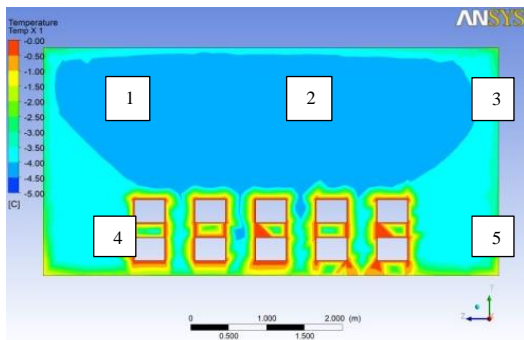
2.3 Post-Processing

Pada tahap *post-processing*, ditampilkan penyajian data seperti *contour*, *mesh*, dan *vector* dalam bentuk grafik dan animasi seperti pada Gambar 5. *Contour* dan *vector* menampilkan nilai distribusi dari setiap parameter yang dihitung sedangkan proses visualisasi dari distribusi setiap parameter dapat ditampilkan pada animasi.



Gambar 5 Kontur temperatur pada bidang Z

Simulasi dilakukan dengan membagi bidang Z menjadi lima kontur yaitu Z=1,4 m; 2,2 m; 3 m; 3,8 m; dan 4,6 m. Kemudian pada masing-masing kontur dilakukan pengambilan data temperatur sebanyak lima titik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6. Pengambilan data temperatur dilakukan pada masing-masing posisi *supply-return* udara.



Gambar 6 Letak titik pengukuran

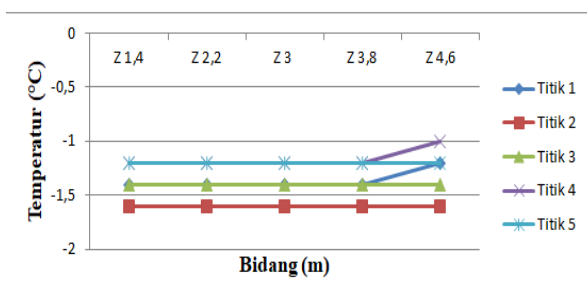
Gambar 4 menampilkan letak titik pengukuran di mana titik 1 dan 3 berada di pojok kiri dan kanan atas ruangan. Titik 2 berada di tengah-tengah lalu untuk titik 4 dan 5 berada di pojok kiri dan kanan bawah ruangan dekat dengan lokasi produk.

3. Hasil dan Pembahasan

- Analisis posisi *supply-return* udara 180°

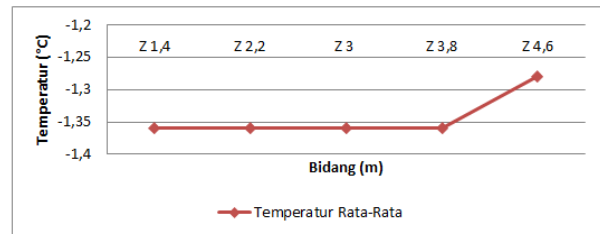
Tabel 2 Temperatur pada posisi *supply-return* udara 180°

Bidang	Temperatur (°C) pada					Temperatur Distribusi Rata-Rata (°C)
	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 4	Titik 5	
Z 1,4	-1,4	-1,6	-1,4	-1,2	-1,2	-1,36
Z 2,2	-1,4	-1,6	-1,4	-1,2	-1,2	-1,36
Z 3	-1,4	-1,6	-1,4	-1,2	-1,2	-1,36
Z 3,8	-1,4	-1,6	-1,4	-1,2	-1,2	-1,36
Z 4,6	-1,2	-1,6	-1,4	-1	-1,2	-1,28
Temperatur Ruangan Rata-Rata (°C)						-1,344



Gambar 7 Grafik distribusi temperatur terhadap bidang Z pada posisi *supply-return* udara 180°

Pada tabel 2, menampilkan data temperatur pada posisi *supply-return* udara 180° yang kemudian dianalisa pada grafik seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 7. Dari pengambilan temperatur di 5 titik, pada titik 1 distribusi temperatur secara merata dari Z=1,4 m hingga 3,8 m di -1,4°C namun temperatur pada Z= 4,6 m tidak merata menjadi -1,2°C. Hal ini juga terjadi pada titik 4 di mana distribusi temperatur merata pada Z= 1,4 m hingga 3,8 m sebesar -1,2°C namun temperatur tidak merata pada saat Z= 4,6 m yaitu menjadi -1°C. Distribusi temperatur terjadi secara merata pada titik 2, 3, dan 5 yaitu masing-masing sebesar -1,6°C, -1,4°C, dan -1,2°C. Distribusi temperatur rata-rata pada titik 4 dan 5 lebih tinggi dikarenakan pada titik tersebut terhalang oleh produk.



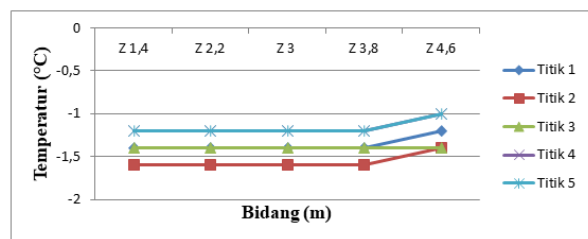
Gambar 8 Grafik distribusi temperatur rata-rata bidang Z pada posisi *supply-return* 180°

Pada Gambar 8 menampilkan grafik distribusi temperatur rata-rata bidang Z pada posisi *supply-return* 180°. Dapat dilihat bahwa distribusi temperatur merata dari Z=1,4 m menuju Z= 3,8 m yaitu sebesar -1,36°C namun kemudian temperatur tidak merata pada Z= 4,6 m menjadi -1,28°C. Selisih perbedaan distribusi temperatur yaitu sebesar -0,08°C.

- Analisis posisi *supply-return* udara 90°

Tabel 3 Temperatur pada posisi *supply-return* udara 90°

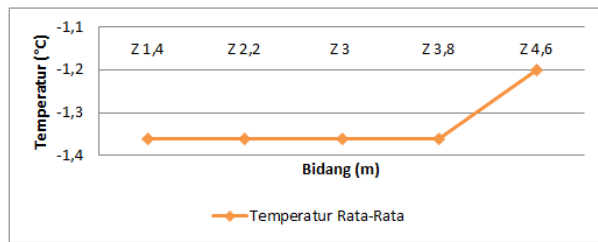
Bidang	Temperatur (°C) pada					Temperatur Distribusi Rata-Rata (°C)
	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 4	Titik 5	
Z 1,4	-1,4	-1,6	-1,4	-1,2	-1,2	-1,36
Z 2,2	-1,4	-1,6	-1,4	-1,2	-1,2	-1,36
Z 3	-1,4	-1,6	-1,4	-1,2	-1,2	-1,36
Z 3,8	-1,4	-1,6	-1,4	-1,2	-1,2	-1,36
Z 4,6	-1,2	-1,4	-1,4	-1	-1	-1,2
Temperatur Ruangan Rata-Rata (°C)						-1,328



Gambar 9 Grafik distribusi temperatur terhadap bidang Z pada posisi *supply-return* udara 90°

Pada tabel 3, menampilkan data temperatur pada posisi *supply-return* udara 90° yang kemudian dianalisa pada grafik seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 9. Dari pengambilan temperatur di 5 titik, didapat distribusi temperatur pada titik 2 memiliki temperatur paling rendah dikarenakan titik 2 berada di jalur keluaran *supply* udara. Pada titik 3 distribusi temperatur terjadi secara merata dari Z= 1,4 m hingga 4,6 m yaitu pada temperatur -1,4°C. Pada titik 1, 2, 4, dan 5 distribusi temperatur cenderung sama yaitu merata pada saat Z=1,4 m hingga 3,8 m namun kemudian temperatur tidak merata pada saat Z= 4,6 m. Distribusi temperatur

rata-rata pada titik 4 dan 5 lebih tinggi dikarenakan pada titik tersebut terhalang oleh produk.



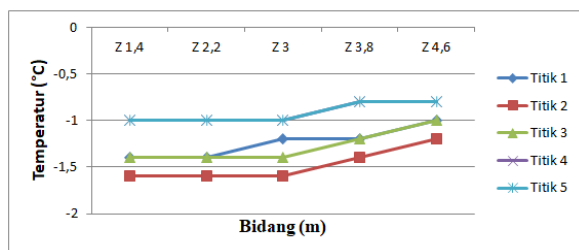
Gambar 10 Grafik distribusi temperatur rata-rata bidang Z pada posisi *supply-return* 90°

Pada Gambar 10 menampilkan grafik distribusi temperatur rata-rata bidang X pada posisi *supply-return* 90°. Dapat dilihat bahwa temperatur terjadi secara merata pada Z= 1,4 m hingga 3,8 m namun kemudian temperatur tidak merata pada saat Z= 4,6 m. Selisih perbedaan distribusi temperatur yaitu sebesar -0,16°C.

-. Analisis posisi *supply-return* udara 360°

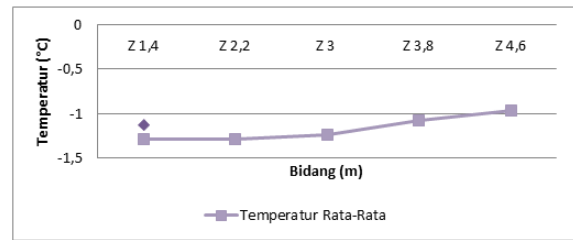
Tabel 4 Temperatur pada posisi *supply-return* udara 360°

Bidang	Temperatur (°C) pada					Temperatur Distribusi Rata-Rata (°C)
	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 4	Titik 5	
Z 1,4	-1,4	-1,6	-1,4	-1	-1	-1,28
Z 2,2	-1,4	-1,6	-1,4	-1	-1	-1,28
Z 3	-1,2	-1,6	-1,4	-1	-1	-1,24
Z 3,8	-1,2	-1,4	-1,2	-0,8	-0,8	-1,08
Z 4,6	-1	-1,2	-1	-0,8	-0,8	-0,96
Temperatur Ruang Rata-Rata (°C)						-1,168



Gambar 11 Grafik distribusi temperatur terhadap bidang Z pada posisi *supply-return* udara 360°

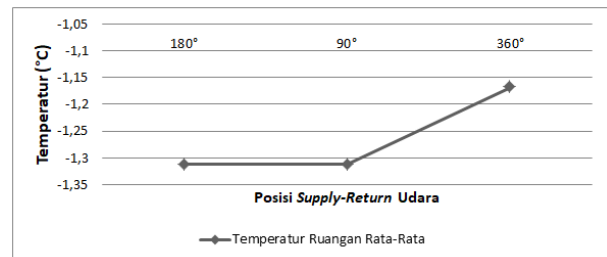
Pada tabel 4, menampilkan data temperatur pada posisi *supply-return* udara 360° yang kemudian dianalisa pada grafik seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 11. Dari pengambilan temperatur di 5 titik, didapat distribusi temperatur pada titik 2 memiliki temperatur paling rendah dikarenakan titik 2 berada di jalur keluaran *supply* udara. Pada titik 1 distribusi temperatur merata dari Z=1,4 m hingga 2,2 m sedangkan pada titik 2, 3, 4, 5 distribusi temperatur merata dari Z=1,4 m hingga 3 m, kemudian tidak merata pada Z= 3,8 m dan 4,6 m. Distribusi temperatur rata-rata pada titik 4 dan 5 lebih tinggi dikarenakan pada titik tersebut terhalang oleh produk.



Gambar 12 Grafik distribusi temperatur rata-rata bidang Z pada posisi *supply-return* 360°

Pada Gambar 12 menampilkan grafik distribusi temperatur rata-rata bidang Z pada posisi *supply-return* 360°. Dapat dilihat bahwa distribusi temperatur merata dari Z=1,4 m hingga Z=2,2 m yaitu sebesar -1,28°C lalu temperatur sedikit naik pada Z=3 m menjadi -1,24°C, kemudian naik secara signifikan dan distribusi tidak merata pada saat Z=3,8 m dan 4,6 m yaitu sebesar -1,08°C dan -0,96°C. Selisih perbedaan distribusi temperatur yaitu sebesar -0,32°C, paling besar dibandingkan posisi *supply-return* 180° dan 90°. Hal ini dikarenakan posisi *return* yang berada di bawah *supply* sehingga distribusi temperatur pada posisi 360° yang dihasilkan tidak merata pada posisi Z=3,8 m dan 4,6 m.

-. Analisis temperatur ruangan rata-rata variasi posisi *supply-return* udara



Gambar 13 Grafik temperatur ruang rata-rata pada tiap posisi *supply-return* udara

Pada Gambar 13 menampilkan grafik temperatur ruangan rata-rata pada tiap posisi *supply-return*. Simulasi menunjukkan bahwa temperatur ruangan rata-rata yang dihasilkan pada posisi *supply-return* udara 180° dan 90° hampir sama yakni -1,344°C dan -1,328°C, sedangkan untuk posisi 360° didapat temperatur ruangan rata-rata -1,168°C lebih tinggi dibandingkan posisi 180° dan 90°.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat disimpulkan beberapa hal berikut:

1. Posisi *supply-return* udara pada ruang penyimpanan berpengaruh terhadap distribusi temperatur di ruang penyimpanan. Hal ini ditunjukkan pada saat posisi *supply-return* 180° dan 90° distribusi temperatur merata dari Z=1,4 m hingga 3,8 m, namun untuk posisi 360° temperatur cenderung merata dari Z=1,4 m hingga 3 m saja.
2. Adanya produk di ruang penyimpanan berpengaruh terhadap temperatur ruang penyimpanan. Hal ini ditunjukkan pada titik 4 dan 5 semua pola distribusi udara memiliki temperatur lebih tinggi dibandingkan titik 1, 2, dan Hal ini dikarenakan titik 4 dan 5 terhalang oleh produk.
3. Temperatur ruangan rata-rata pada seluruh posisi *supply-return* udara didapat untuk posisi 180° sebesar -1,344°C, posisi 90° sebesar -1,328°C, dan untuk posisi 360° sebesar -1,168°C. Temperatur

ruangan rata-rata paling tinggi terjadi pada saat posisi *supply-return* udara 360° yaitu sebesar -1,168°C.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ucapkan terima kasih kepada Munajat Al'Gais sebagai teman seperjuangan yang telah membantu dalam penelitian ini serta kepada keluarga yang selalu mendukung dalam segala hal yang dilakukan oleh penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sari, L. A. (2017). *Budidaya Bunga Kol (Brassica oleraceae L.) di Dataran Rendah*. Surakarta: Laporan Tugas Akhir Universitas Sebelas Maret.
- [2] Izaniyah, A. (2017). *Analisis Distribusi Suhu dan Aliran Udara Pada Penyimpanan Dingin (Cold Storage) Bawang Merah Menggunakan CFD (Computational Fluid Dynamics)*. Bogor: Laporan Tugas Akhir Institut Pertanian Bogor.
- [3] Ayu, C. (2017). *Perancangan Unit Mesin Pendingin (Cold Storage) Untuk Produk Karkas Sapi Kapasitas 25 Ton Dengan Kombinasi Refrigerasi Kompresi Uap, Refrigerasi Absorpsi, Dan Flat Plate Solar Collector di Kabupaten Pamekasan-Madura*. Surabaya: Tugas Akhir Institut Sepuluh Nopember.
- [4] Khankari, K. (2020). *Airflow Patterns and Flow Path of Airbone Contaminant*. ASHRAE, 26-52.
- [5] Adilah, U. N. (2019). *Analisis Pengaruh Debit Udara Terhadap Distribusi Temperatur Pada Ruang Cleanroom PT. Sanbe Farma Menggunakan Computational Fluid Dynamics Software*. Bandung: Laporan Tugas Akhir Politeknik Negeri Bandung.
- [6] Versteeg. (2007). *An Introduction to Computataional Fluid Dynamics*. Harlow: Pearson Education Limited.