

Mesin Pengisian Pra-Retort: Pembangunan Sistem Kecekapan Haba yang Mampan

Wan Mohd Rizairie Bin Wan Mohamad Noor^{1*}, Mohd Gadaffi Bin Osman¹, Farih Bin Deraman¹

¹Department of Mechanical Engineering, Politeknik Sultan Mizan Zainal Abidin, 23000 Dungun, Terengganu

*Corresponding author E-mail: gadaffi85@gmail.com

Abstrak

Industri pemprosesan makanan memerlukan sistem yang cekap dalam mengekalkan suhu bahan bagi memastikan kualiti produk terjaga sepanjang proses pengisian. Kajian ini membincangkan pembangunan sistem pemanasan tambahan pada mesin pengisian pra-retort bagi mengekalkan suhu bahan pada 80°C. Air dipanaskan di dalam boiler kemudian akan dialirkan melalui hos yang dililit pada corong *filling machine*. Mesin ini direka untuk menjalankan tiga fungsi utama, iaitu memasak bahan, memindahkan pes masakan, dan membungkus pes dalam satu sistem yang bersepadu. Selain meningkatkan kecekapan haba, sistem pemanasan ini juga berperanan dalam menghalang pencemaran silang semasa proses pemindahan pes masakan ke bekas makanan dan ke mesin pengisian. Pemanasan yang cekap bukan sahaja memastikan kestabilan suhu, malah dapat meningkatkan jangka hayat pes masakan dengan mengurangkan risiko pertumbuhan mikroorganisma yang boleh merosakkan produk. Teknologi *Internet of Things* (IoT) turut diterapkan bagi membolehkan pemantauan dan kawalan suhu secara masa nyata, memastikan kestabilan haba serta meningkatkan keselamatan produk. Sensor suhu termokopel jenis K digunakan untuk mengukur suhu air, kemudian disepadukan dengan rangkaian IoT membolehkan pemantauan jarak jauh dan analisis data bagi mengoptimumkan kecekapan sistem. Penambahan sistem pemanasan dan IoT ini bukan sahaja meningkatkan keberkesanan tenaga, malah memastikan kestabilan suhu, mengurangkan kehilangan haba, serta meningkatkan kualiti, keselamatan, dan jangka hayat produk akhir. Pembangunan mesin ini diharapkan dapat menyumbang kepada peningkatan keberkesanan proses industri makanan serta menyokong usaha ke arah teknologi pemprosesan yang lebih lestari.

Kata Kunci: Mesin Pra-Retort, Kualiti, Pembangunan, Pemanasan, Pes, Pengisian.

1.0 Pengenalan

Industri pemprosesan makanan memainkan peranan penting dalam memastikan ketersediaan makanan yang selamat, berkualiti tinggi, dan tahan lama untuk pengguna. Teknologi retort adalah satu alternatif dalam memanjangkan jangka hayat tanpa pengawet. Retort adalah satu kaedah pemanasan makanan pada suhu dan tekanan tinggi untuk memusnahkan bakteria dan kuman yang membolehkan jangka hayat makanan dapat dipanjangkan. Pemprosesan retort telah digunakan secara meluas sebagai teknik pemprosesan makanan untuk menghasilkan produk selamat dari segi mikrobiologi yang mempunyai kualiti pemakanan yang boleh diterima. (Gobikrishnan et al., 2019). Dalam proses ini, kawalan suhu bahan makanan adalah aspek kritikal bagi mengekalkan kualiti dan keselamatan produk. Salah satu cabaran utama dalam industri ini adalah memastikan bahan makanan mengekalkan suhu yang sesuai sepanjang proses pemprosesan dan pembungkusan bagi mengelakkan pertumbuhan mikroorganisma yang boleh merosakkan makanan. Oleh itu, pembangunan sistem pemanasan yang cekap dan mampan menjadi keperluan penting bagi meningkatkan keberkesanan proses pengisian pra-retort.

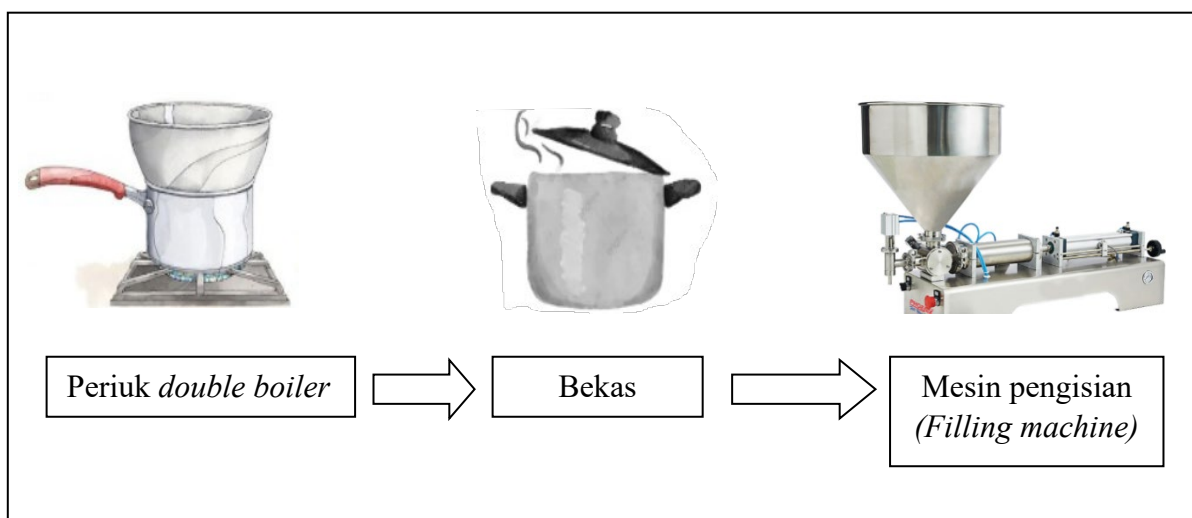
Pengisian pra-retort merujuk kepada proses pemindahan dan pembungkusan bahan makanan sebelum melalui proses retort. Dalam proses ini, kehilangan haba boleh menyebabkan ketidakstabilan suhu, yang berpotensi menjejaskan kualiti dan keselamatan makanan. Justeru, kajian ini memberi tumpuan kepada pembangunan sistem pemanasan tambahan dalam mesin pengisian (*filling machine*) pra-retort bagi memastikan bahan makanan mengekalkan suhu sekitar 80°C sepanjang proses pemindahan dan pembungkusan.

Sistem pemanasan yang dibangunkan bukan sahaja meningkatkan kecekapan haba, tetapi juga berfungsi untuk menghalang pencemaran silang antara peralatan pemprosesan dan bahan makanan. Selain itu, teknologi *Internet of Things* (IoT) diterapkan dalam sistem ini bagi membolehkan pemantauan suhu secara masa nyata, mengoptimumkan kawalan haba, serta meningkatkan keselamatan dan kebolehpercayaan sistem. Dengan penyepaduan sensor suhu dan rangkaian IoT, sistem ini dapat mengurangkan kehilangan haba, meningkatkan keberkesanan tenaga, dan menyokong amalan pemprosesan makanan yang lebih lestari.

2.0 Penyataan Masalah

Sejak wabak pandemik COVID-19 bermula pada awal tahun 2020, permintaan terhadap produk makanan sedia digunakan (*ready to eat - RE*) semakin meningkat. Namun pengeluaran pes makanan oleh pengusaha dalam kuantiti yang banyak adalah terhad kerana proses penghasilan pes masakan tidak dapat disediakan dalam masa yang singkat.

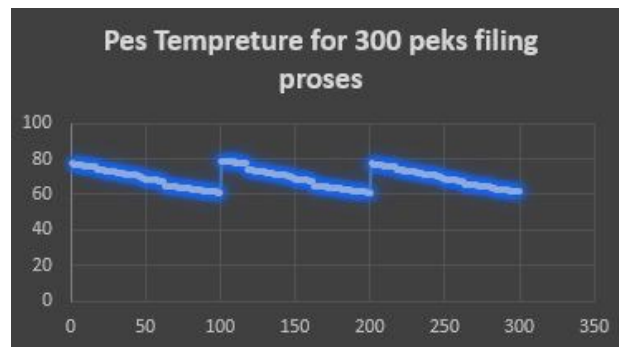
Antara masalah yang sering dihadapi oleh pengusaha dengan alatan yang sedia ada adalah kaedah penyediaan pes masakan secara *double boil* secara berasingan dan proses pemindahan pes masakan dalam keadaan panas kepada *filling machine* agak merumitkan. Selain itu, risiko pencemaran silang yang akan berlaku semasa pemindahan pes masakan adalah tinggi disamping kadar pembiakan bakteria yang tinggi berlaku sekiranya suhu pes masakan berada antara suhu 55 °C dan 60 °C. Penurunan suhu pada pes tidak dapat dielakkan semasa proses pemindahan dan pengisian pes. Pencemaran silang ini adalah faktor utama menyebabkan pes masakan tidak tahan lama untuk disimpan dan cepat rosak. Proses pre-retort yang biasa dijalankan adalah seperti Rajah 1.



Rajah 1: Proses pre-retort

Pekerja perlu memasak pes menggunakan kaedah *double boil* dalam tempoh 2 jam dengan suhu 80 °C pada kuantiti 30 kg. Bacaan suhu perlu diambil dalam sela masa 10 minit bagi memastikan suhu pes kekal pada 80 °C menggunakan termometer secara manual. Kawalan api pada dapur gas juga perlu dikawal secara manual jika suhu kurang atau melebihi 80 °C. Selain itu, air di dalam periuk *double boiler* akan menyusut kerana berlaku pemeluwapan dan menyebabkan pekerja perlu menambah kandungan air bagi memastikan air tidak kering semasa proses *double boil*. Risiko berlaku percikan air dari periuk *double boiler* ke dalam pes makanan juga adalah tinggi.

Pekerja turut menghadapi masalah semasa memindahkan pes masakan ke dalam *filling machine* bagi tujuan pembungkusan. Pekerja terpaksa memindahkan secara berperingkat dalam kuantiti yang bersesuaian untuk diangkat dan dimasukkan ke dalam corong mesin. Risiko berlaku percemaran silang adalah tinggi semasa pemindahan dari periuk double boiler ke bekas dan semasa pemindahan daripada bekas ke mesin. Penurunan suhu pada pes dalam pemindahan juga akan berlaku. Pemindahan pes masakan secara berperingkat ini perlu diselesaikan untuk kumpulan pertama sebelum suhu pes turun 60 °C. Ini kerana kadar pembiakan bakteria adalah tinggi pada suhu 55 °C hingga 60 °C dan perlu dielakkan.



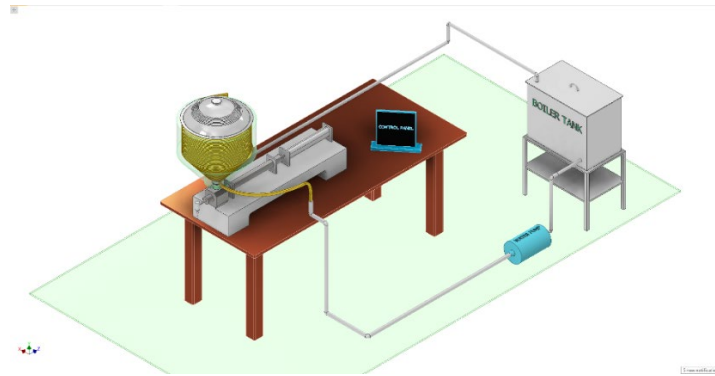
Rajah 2: Graf penurunan suhu pes yang bagi 300 paket semasa proses pengisian

Rajah 2 menunjukkan graf penurunan suhu pes yang bagi 300 paket semasa proses pengisian. Walaupun *filling machine* mampu menampung sehingga 40 kg pes dalam sesuatu masa tetapi pes terpaksa melalui proses pengisian dalam 3 kumpulan bagi memastikan suhu pes semasa pengisian tidak kurang dari 60 °C untuk mengelakkan pembiakan bakteria berlaku pada pes masakan. Hal ini akan meningkatkan masa proses pengisian sekaligus produktiviti akan menurun.

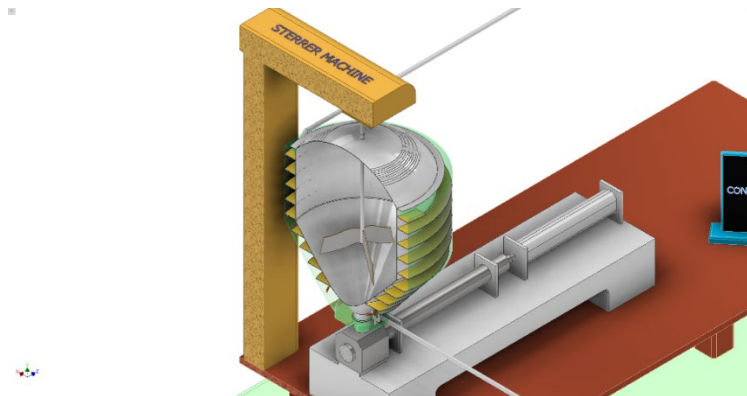
3.0 Cadangan Penyelesaian

Hasil perbincangan penyelidik dengan pengusaha terhadap permasalahan ini telah dicadangkan untuk membangunkan inovasi pada *filling machine* yang boleh mengaplikasi kepada 3 proses penghasilan pes secara serentak iaitu memasak, memindahkan dan membungkus pes tersebut. Kaedah *double boil* akan diinovasikan pada *filling machine*.

Rajah 3 menunjukkan rekabentuk keseluruhan sistem dimana ia terdiri daripada *filling machine* dan dandang (*boiler*). Cecair (air) akan dipanaskan pada *boiler*. Apabila suhu yang ditetapkan dicapai maka air panas tersebut akan dipam kepada corong *filling machine* melalui hos fleksibel. Air panas ini akan mengalir mengelilingi corong dan haba akan disalurkan kepada pes yang berada didalamnya. Modifikasi ini diinspirasikan berdasarkan kepada konsep pengeluaran produk plastik yang menggunakan kaedah acuan suntik plastik. Keadaan air panas yang mengalir melalui dinding *tuner* ini ditunjukkan dalam Rajah 4.



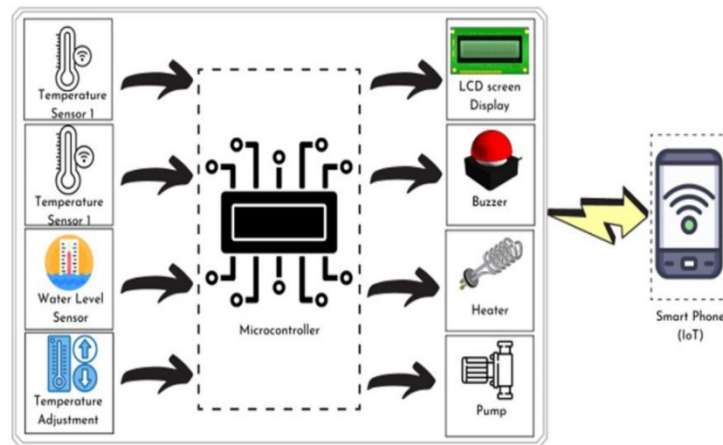
Rajah 3: Sistem pemanasan *Filling Machine*



Rajah 4: Keratan rentas *Filling Machine* dimana tempat pengaliran air panas

Selain itu juga, inovasi yang dibangunkan ini adalah seiring dengan Teknologi IR 4.0 dimana proses penyediaan pes ini dapat dipantau oleh pengendali mesin dari jarak jauh dengan adanya elemen-elemen IoT pada sistem menggunakan telefon pintar. Dengan pekerja dapat memantau keadaan suhu dan masa bagi memastikan proses penghasilan pes kekal pada suhu yang dikehendaki.

Inovasi ini turut dipasang beberapa alat penderia (sensor) antaranya sensor suhu, sensor untuk menyukat paras air dan sensor pengawal suhu. Sensor tersebut berperanan bagi mengukur suhu air dan suhu pes yang telah ditetapkan, melaras suhu bagi pes makanan yang dikehendaki dan mengukur paras air bagi proses *double boil* tersebut. Nilai bacaan daripada alat pengesan akan dipaparkan pada skrin LCD dan telefon pintar pengguna. Rajah 5 menunjukkan blok diagram kawalan sistem bagi rekabentuk elektronik.



Rajah 5: Blok diagram kawalan system bagi rekabentuk elektronik

4.0 Impak Pembangunan Sistem Kepada Pengusaha Makanan Retort

Pembangunan sistem pemanasan tambahan dalam mesin pengisian pra-retort memberikan pelbagai manfaat kepada pengusaha makanan retort, terutama dari segi kecekapan, keselamatan, dan keberkesanan operasi. Salah satu impak utama adalah peningkatan kecekapan pengeluaran. Dengan mengekalkan suhu bahan makanan pada 80°C sepanjang proses pemindahan dan pembungkusan, sistem ini mengurangkan masa pemprosesan dan meningkatkan kapasiti pengeluaran, membolehkan pengusaha memenuhi permintaan pasaran dengan lebih berkesan.

Selain itu, sistem ini juga membantu dalam mengurangkan kehilangan haba dan menjimatkan kos tenaga. Penggunaan tenaga yang lebih cekap memastikan bahawa haba tidak terbuang, mengurangkan perbelanjaan operasi serta menjadikan proses pemprosesan lebih mesra alam. Ini secara tidak langsung menyokong amalan pemprosesan yang lebih lestari dalam industri makanan.

Dari segi kualiti produk, sistem pemanasan yang stabil memainkan peranan penting dalam memastikan makanan mengekalkan rasa, tekstur, dan kualiti keseluruhan. Suhu yang terkawal mengurangkan risiko pertumbuhan mikroorganisma yang boleh merosakkan makanan, sekali gus memanjangkan jangka hayat produk dan meningkatkan keselamatan pengguna. Risiko pencemaran silang juga dapat dikurangkan. Dengan reka bentuk sistem yang lebih cekap dan kurang sentuhan langsung antara bahan makanan dan peralatan, risiko pencemaran semasa pemindahan bahan dapat dikurangkan. Ini meningkatkan keselamatan makanan serta membantu pengusaha mematuhi piawaian keselamatan seperti *Hazard Analysis and Critical Control Points* (HACCP) dan ISO 22000.

Teknologi IoT yang diterapkan dalam sistem ini juga memberikan kelebihan besar kepada pengusaha. Dengan pemantauan suhu secara masa nyata, pengusaha dapat mengawal dan menyesuaikan parameter pemprosesan dengan lebih tepat. Sensor yang disepadukan dengan rangkaian IoT membolehkan pemantauan jarak jauh dan analisis data, yang dapat membantu dalam pengoptimuman sistem dan pengurangan kesilapan operasi.

5.0 Kesimpulan

Secara keseluruhannya, pembangunan sistem pemanasan dalam mesin pengisian pra-retort membawa perubahan signifikan dalam industri pemprosesan makanan. Dengan memastikan suhu bahan makanan kekal stabil sepanjang proses pemindahan dan pembungkusan, sistem ini meningkatkan kecekapan tenaga, mengurangkan risiko pencemaran silang, serta memastikan keselamatan dan kualiti produk akhir. Integrasi teknologi IoT membolehkan pemantauan dan

kawalan suhu secara masa nyata, seterusnya menyokong amalan pemprosesan yang lebih lestari dan cekap.

Selain memberi manfaat kepada pengusaha makanan retort dalam bentuk peningkatan produktiviti dan pengurangan kos operasi, sistem ini juga membantu memastikan pematuhan kepada standard keselamatan makanan yang lebih ketat. Dengan daya saing industri makanan yang semakin meningkat, pembangunan teknologi seperti ini amat penting bagi memastikan kelangsungan dan keberkesanan sektor pemprosesan makanan.

Rujukan

- Arvanitoyannis, I. S., & Kotsanopoulos, K. V. (2014). *Legislation on food safety requirements regarding food processing and packaging materials in Europe*. Trends in Food Science & Technology, 39(1), 21-30. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2014.06.007>
- Çengel, Y. A., & Ghajar, A. J. (2015). *Heat and mass transfer: Fundamentals & applications* (5th ed.). McGraw-Hill Education.
- Gobikrishnan. S, KambhampatiVivek, & Balamurugan. P. (2019). *Retort Processing of Indian Traditional Rice Dumpling*. International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE), 9(2), 2902-2908. <https://doi.org/10.35940/ijitee.b7264.129219>
- Kyle Dunno, William Whiteside, Ron Thomas, & Kay Cooksey. (2015). *Effect of Headspace Volume of Retort Pouches on Simulated Transport Hazards*. International Journal of Advanced Packaging Technology (IJAPT), 3(1), 138-146. <https://doi.org/10.23953/cloud.ijapt.18>
- Rudrendu Mahindar, M. P. (2018). *IoT-based Home Appliances Control System Using NodeMCU and Blynk Server*. International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology (IARJSET), 293-302. https://doi.org/10.1007/978-981-99-2768-5_28
- Salmi binti Zakaria, Rosnani Binti Muda @ Ali, Wan Azlinie binti Wan Ahmad. (2023). *Tudung Saji Pemanas Makanan Berasaskan IoT*. MaTRiX'23 The 5 Malaysia Tvet On Research Via Exposition 2023 Hybrid, 283-289
- Varalakshmi K., Prince Devadason, Babji Y., & Rajkumar R. S. (2014). *Retort Pouch Technology for Ready to Eat Products – An Economic Analysis of Retort Processing plant*. IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science (IOSR-JAVS), 7(1), 78-84. <https://doi.org/10.9790/2380-07147884>