

Pembangunan Sistem Kawalan Menggunakan Aplikasi Blynk bagi Mesin Flip Vacuum Thermoforming

Nor Mahani Md Rasidi¹, Mohd Fathurrahman Kamarudin, Mohd Hairol Mizzam Haris,

Siti Nurnashiqah Abdul Kafor

¹Jabatan Kejuruteraan Mekanikal, Politeknik Sultan Abdul Halim Muadzam Shah (POLIMAS),
Bandar Darulman, 06000 Jitra, Kedah, Malaysia.

Abstrak: Mesin Flip Vacuum Thermoforming merupakan mesin yang telah dibangunkan sebagai alat bahan bantu mengajar bagi menunjukkan proses pembentukan termal vakum. Ia merupakan proses pembentukan di mana lembaran termoplastik dipanaskan ke suhu haba herotan diikuti proses penyedutan (vakum) pada rongga cetakan sehingga membentuk acuan. Mesin ini diaplikasikan kepada pelajar semester 4 program Diploma Kejuruteraan Mekanikal (Plastik) dalam kursus DJC3032 Plastic Workshop Practice. Namun terdapat kekurangan pada reka bentuk mesin Flip Vacuum Thermforming iaitu pada aspek kawalan parameter. Reka bentuk mesin sedia ada tidak dilengkapi dengan sistem kawalan yang dapat menentukan suhu herotan haba lembaran termoplastik serta tempoh yang tepat bagi proses pemanasan dan penyedutan. Kesannya, produk yang dihasilkan mengalami beberapa kecacatan seperti koyak, bentuk tidak sekata, renyuk, berkedut dan lekatan acuan. Oleh itu, penambahbaikan reka bentuk mesin dibuat dengan membangunkan sebuah sistem kawalan IOT yang menggunakan aplikasi Blynk yang dapat mengawal parameter suhu haba herotan (HDT) dan tempoh pemanasan (t_H). Dengan adanya sistem ini ia dapat memudahkan pelajar menentukan dan mengawal parameter menerusi paparan pada telefon pintar dan skrin di mesin.

Kata Kunci: *thermoforming, sistem kawalan, aplikasi Blynk*

1.0 Pengenalan

Thermoforming merupakan salah satu proses yang digunakan dalam pembuatan produk plastik. Terdapat tiga jenis proses thermoforming iaitu pembentukan vakum, pembentukan tekanan dan pembentukan acuan sepadan. Namun kebanyakan produk plastik dihasilkan menggunakan thermoforming jenis pembentukan vakum. Ini kerana prinsip kerja yang ringkas serta kos pembuatan yang rendah. Prinsip kerja proses pembentukan vakum melibatkan dua langkah utama iaitu proses pemanasan dan pemvakuman. Proses pemanasan ialah fasa di mana lembaran termoplastik dipanaskan ke suhu herotan haba (Heat Distortion Temperature, HDT) diikuti proses pemvakuman pada rongga cetakan sehingga membentuk acuan.

Terdapat pelbagai alat dan mesin yang telah direka bagi keperluan proses thermoforming jenis pembentukan vakum. Salah satu mesin yang telah dibangunkan adalah Mesin Flip Vacuum Thermoforming. Mesin ini telah direka sebagai alat bantu proses pengajaran dan pembelajaran bagi topik proses thermoforming pembentukan vakum dan alat pembungkus bagi komponen kecil seperti allen key dan mata gerudi. Reka bentuk mesin ini terdiri dari bingkai bermekanisma flip yang boleh berpusing 180 darjah dari ruang pemanas ke ruang vakum. Spesifikasinya adalah saiz kerangka 610mm (panjang) x 457mm (lebar) x 229mm (tinggi), saiz bingkai 210mm x 297mm, saiz kotak pemanas 170mm x 271mm, saiz kebuk vakum 161mm x 251mm, kuasa pemanas 808 watt dan kuasa vakum 1200 watt.

Dalam proses thermoforming, terdapat beberapa masalah yang sering berlaku sehingga menjejaskan kualiti hasil produk. Di antaranya adalah plastik terkoyak disebabkan

acuan melekat kerana tidak mencapai suhu pemanasan optimum, ketidaksesuaian jenis bahan acuan dan termoplastik, serta tempoh pemanasan dan penyedutan vakum yang tidak tepat. Ini terbukti hasil dari pemerhatian laporan amali pelajar yang mengikuti amali bengkel thermoforming bagi kursus DJC 3032 Plastic Workshop Practice di Politeknik Sultan Abdul Halim Mu'adzam Shah (POLIMAS). Di antara punca berlakunya kecacatan pada hasil produk adalah kesilapan dalam penggunaan bahan termoplastik, pengendalian alatan atau mesin yang salah, prosedur kerja yang tidak tepat, tiada penetapan parameter suhu dan masa untuk proses pembentukan, ketidakfungsian komponen mesin, ketidakcekan pengguna, dan tiada pengawalan proses.

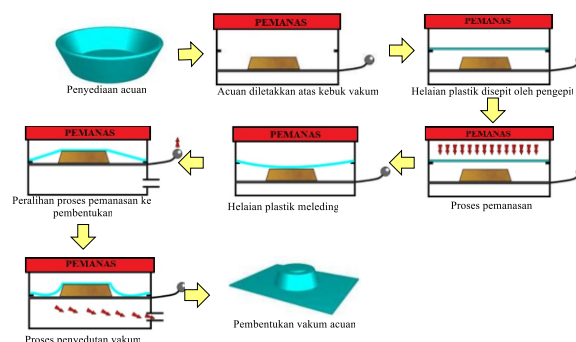
Berdasarkan pemerhatian terhadap reka bentuk Mesin Flip Vacuum Thermoforming di dapati terdapat beberapa kelemahan dalam aspek penentuan kesesuaian suhu dan masa untuk proses pembentukan. Mesin ini tidak dilengkapi dengan sistem kawalan yang boleh memaparkan suhu alat pemanas dan tempoh masa bagi proses pemvakuman. Ini menyebabkan pengguna sukar menentukan suhu haba herotan yang tepat untuk proses ledingan pada bahan termoplastik dan perlu menganggar tempoh masa untuk proses pemanasan dan pemvakuman. Akibatnya, kualiti hasil produk kurang baik kerana kurang kejituan terhadap parameter yang telah ditetapkan dalam proses thermoforming jenis pembentukan vakum. Selain itu, bagi menentukan suhu pada alat pemanas dan mendapatkan suhu herotan haba, ini memerlukan alat ukuran seperti termometer infra merah. Ini menyukarkan para pengguna yang tidak mempunyai alatan tersebut atau rosak ketika proses thermoforming sedang dilaksanakan. Oleh itu, kajian ini memfokuskan kepada pembangunan system kawalan pada Mesin Flip Vacuum Thermoforming untuk pengawalan parameter optimum dalam proses pembentukan vakum.

2.0 Kajian Literatur

2.1. Proses thermoforming jenis pembentukan vakum

Thermoforming adalah proses pembuatan di mana kepingan termoplastik dipanaskan ke suhu pelenturan yang kemudiannya dibentuk pada bentuk tertentu dalam acuan dan dipotong untuk menghasilkan produk yang boleh digunakan. Terdapat beberapa jenis proses thermoforming iaitu in-line thermoforming atau roll-fed thermoforming, pembentukan vakum, pembentukan tekanan dan pembentukan acuan sepadan (Cahyadi, Nurabdiansyah, & Farid, 2017).

Proses thermoforming jenis pembentukan vakum merupakan proses pembentukan di mana lembaran termoplastik dipanaskan ke suhu herotan haba (Heat Distortion Temperature, HDT) diikuti proses pemvakuman pada rongga cetakan sehingga membentuk acuan. Rajah 1 menunjukkan prinsip kerja proses thermoforming jenis pembentukan vakum.



Rajah 1 Prinsip kerja proses thermoforming jenis pembentukan vakum

2.2. Mesin Flip Vacuum Thermoforming

Mesin Flip Vacuum Thermoforming telah direka bentuk menggunakan mekanisme flip yang boleh berpusing 180° dari bahagian pemanas ke bahagian vakum. Spesifikasi reka bentuk mesin ini adalah saiz kerangka 610mm (panjang) x 457mm (lebar) x 229mm (tinggi), saiz bingkai 210mm x 297mm, saiz kotak pemanas 170mm x 271mm, saiz kebuk vakum 161mm x 251mm, kuasa pemanas 808 watt dan kuasa vakum 1200 watt. Prestasi mesin telah diuji dari aspek kebolegunaan mesin bagi proses pemanasan, proses flip bingkai dan proses pembentukan vakum (Rasidi, Abdullah, et al., 2019). Rajah 2 menunjukkan mesin Flip Vacuum Thermorming. Mesin ini telah digunakan sebagai alat bantu proses pengajaran dan pembelajaran bagi topik proses vacuum thermoforming dan alat pembungkus bagi komponen kecil seperti allen key dan mata gerudi. Untuk penggunaan mesin ini, sampel yang digunakan adalah bahan termoplastik bersaiz 210mm x 297mm pada ketebalan antara 0.1mm hingga 0.5mm. Pengendalian mesin ini memerlukan alat termometer infra merah sebagai penentuukur bagi suhu herotan haba (Rasidi, Abdullah, et al., 2019).

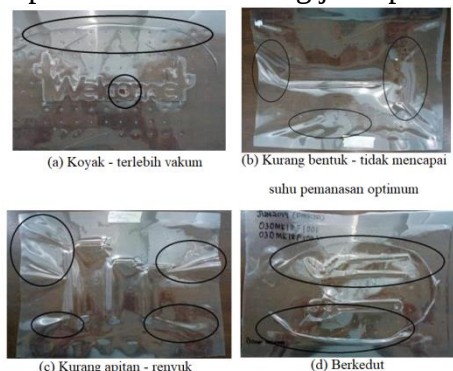


Rajah 2 Mesin Flip Vacuum Thermoforming.

2.3. Parameter proses thermoforming dan pembentukan vakum

Parameter kawalan dan kualiti yang boleh digunakan adalah bergantung kepada jenis alatan, acuan dan geometri produk (Leite, Rubio, Cabrera, Carrasco, & Hanafi, 2018). Parameter yang mempengaruhi kualiti penghasilan produk adalah bahan termoplastik, ketebalan helaian plastik, suhu pemanasan (Abdul Ghani, Eflita, & Dwi Basuki, 2014), tempoh pemanasan, tempoh penyedutan (Nuari, 2017), tekanan vakum, bentuk acuan, tekanan udara dan bilangan pemanas (Sreedhara & Mocko, 2015).

Beberapa jenis kecacatan yang sering berlaku semasa atau selepas proses thermoforming iaitu koyak, bentuk tidak sekata, berkedut, renyuk dan acuan melekat pada plastik disebabkan faktor terlebih vakum, tidak mencapai suhu pemanasan optimum, kurang apitan serta suhu pemanasan tidak stabil (Rasidi, Azmi, et al., 2019). Rajah 3 menunjukkan jenis-jenis kecacatan yang berlaku dalam proses thermoforming jenis pembentukan vakum.

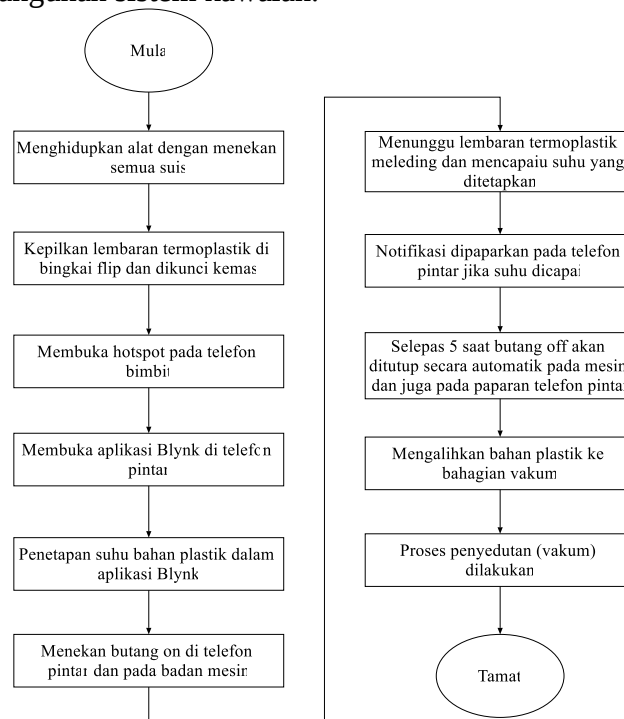


Rajah 3 Jenis-jenis kecacatan dalam proses thermoforming.

3.0 Metodologi

Jenis kajian yang dilaksanakan adalah pembangunan projek jenis nyata iaitu penghasilan sebuah sistem kawalan proses pemanasan bagi mesin flip vacuum thermoforming. Pembangunan projek ini menggunakan kaedah modifikasi kepada kaedah sedia ada iaitu dengan merujuk kepada permasalahan serta kelemahan yang terdapat pada reka bentuk mesin sedia ada. Kluster penyelidikan projek adalah meliputi bidang mekanikal dan elektrik yang ditambah dengan elemen revolusi industri 4.0 (IR 4.0).

Dalam pembangunan sistem ini, pengkaji menggunakan pendekatan kaedah bersepadu dan setiap proses penyelidikan dibahagikan kepada empat fasa iaitu fasa perancangan, fasa analisis, fasa reka bentuk dan fasa pengujian. Rajah 4 menunjukkan carta alir mekanisme pembangunan sistem kawalan.



Rajah 4 Mekanisme pembangunan sistem kawalan mesin Flip Vacuum Thermoforming.

3.1. Fasa perancangan

Jadual 1 menunjukkan perbandingan serta penambahbaikan yang dilaksanakan melalui sistem yang telah dibangunkan dengan sistem sedia ada. Ianya merangkumi aspek kefungsiian dan penggunaan sistem bertujuan menambahbaik reka bentuk mesin flip vacuum thermoforming.

Jadual 1

Perancangan penambahbaikan sistem

Aspek	Cadangan Penambahbaikan
Kefungsiian	- Penggunaan sensor suhu bagi menggantikan penggunaan termometer infra merah - Menambahbaik faktor kawalan suhu dan tempoh bagi proses pemanasan bahan termoplastik

Penggunaan Sistem	● Penggunaan sistem berasaskan web ● Pengawalan suhu alat pemanas ● Paparan suhu dan tempoh proses pemanasan ● Penggunaan data untuk mendapatkan laporan ● Penggunaan internet dan wifi
-------------------	---

3.2. Fasa analisis keperluan sistem dan perisian

Proses pembangunan sistem merangkumi penggunaan alat komunikasi seperti telefon pintar serta aplikasi web memerlukan kajian dan proses pemerhatian terperinci. Melalui pembangunan sistem ini, ianya merupakan satu proses penyelesaian masalah kepada proses kawalan parameter suhu proses pemanasan bagi bahan termoplastik. Ini menjadikan pelaksanaan bengkel dibuat secara efektif dan menjimatkan masa dan bahan termoplastik. Di antara keperluan sistem yang telah dianalisis adalah:

- Sistem akan menyediakan fungsi untuk melaksanakan aktiviti on/off alat pemanas setelah mencapai suhu yang telah disetkan dalam sistem.
- Sistem akan merekod setiap aktiviti yang dilakukan oleh pengguna aplikasi
- Aplikasi android dan sistem yang digunakan perlu mesra pengguna dan mudah digunakan
- Masa tindakbalas aktiviti di dalam sistem tidak melebihi 5 saat.
- Sistem dapat beroperasi dengan baik dalam sistem operasi android di telefon pintar.

Penggunaan aplikasi berasaskan web boleh disepadukan dengan perisian android. Aplikasi ini digunakan dalam pembangunan sistem kawalan ini kerana ia merupakan satu sistem operasi mudah alih yang dilengkapi dengan paparan skrin di telefon pintar dan komputer. Pengaturcaraan biasanya dimulakan dengan pengisytiharan yang bermaksud pernyataan yang pembolehubah atau fungsi. Selepas itu diikuti dengan void setup yang memberi nilai pembolehubah atau fungsi yang telah diisytihar. Berikut adalah prosedur dalam membangunkan sistem kawalan mesin Flip Vacuum Thermoforming :

- Pengguna perlu menetapkan wifi dan password pada sistem pengaturcaraan menggunakan laptop. Ia bergantung kepada password telefon pintar masing-masing.
- Selepas itu para pengguna dikehendaki untuk load pengaturcaraan yang telah dilakukan ke Node Mcu yang berada pada paparan LCD.
- Tujuan utama Node Mcu adalah sebagai otak yang akan menyimpan coding. Selain itu, ia akan menerima isyarat dari aplikasi di telefon bimbit dan akan menghantar signal untuk mengawal input.
- Pengguna dikehendaki untuk load pengaturcaraan ini menggunakan micro USB kabel.

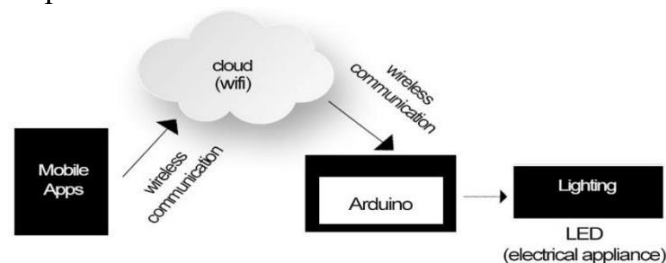
3.3. Fasa reka bentuk

Terdapat dua proses yang terlibat dalam fasa ini iaitu proses pendawaian dan proses pembangunan pangkalan data. Rajah 5 menunjukkan langkah-langkah kerja dalam proses pendawaian sistem.



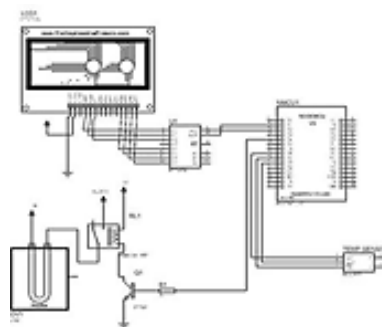
Rajah 8 Proses pendawaian system

Rajah 6 pula menunjukkan tiga elemen utama yang terlibat dalam pembangunan sistem iaitu elektronik, pelayan dan pengguna. Elektronik dihubungkan melalui sambungan USB manakala pelayan dan pengguna disambungkan dengan menggunakan internet (wifi). Arahan dihantar ke arduino oleh pengguna menggunakan aplikasi android kepada arduino menggunakan capaian wifi. Kemudian arahan yang diterima akan dihantar kepada paparan skrin (LED) sebagai output.



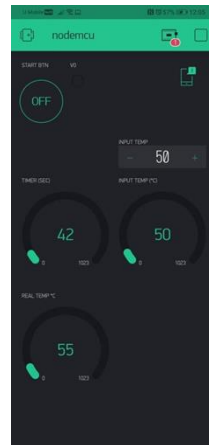
Rajah 6 Reka bentuk sistem

Dalam fasa reka bentuk pangkalan data, arahan yang diberikan oleh pengguna terus dilakukan oleh sistem selain daripada penggunaan sensor sebagai pilihan untuk ketetapan tambahan seperti sensor suhu dan pemasa (timer). Maklumat yang telah dijana akan dipaparkan kepada pengguna pada aplikasi yang digunakan. Rajah 7 menunjukkan sistem litar skematik.



Rajah 7 Litar skematik

Selain itu, reka bentuk paparan yang menarik dan mesra pengguna juga penting bagi membolehkan pengguna mudah memahami dan dapat menggunakan sistem dengan mahir dalam jangka masa yang cepat. Rajah 8 menunjukkan reka bentuk paparan bagi sistem kawalan proses pemanasan bagi mesin flip vacuum thermoforming.



Rajah 8 Reka bentuk paparan sistem kawalan pada telefon pintar

3.4. Fasa pengujian

Pengujian sistem perlu dilaksanakan bagi memastikan aplikasi yang dibangunkan dapat berinteraksi dengan peralatan elektronik serta pencapaian objektif kajian ini. Terdapat tiga pengujian yang dilaksanakan iaitu proses pembangunan sistem, kefungsi sistem terhadap operasi mesin dan hasil produk terhadap parameter. Instrumen pengujian yang digunakan adalah borang senarai semak. Rajah 9 menunjukkan prosedur pengendalian mesin serta sistem kawalan.



Rajah 9 Prosedur pengendalian mesin dan sistem kawala

4.0 Analisis Data

Jadual 2 menunjukkan beberapa dapatan hasil semakan proses pembangunan sistem yang dapat dilaksanakan oleh mesin flip vacuum thermoforming. Jadual 3 pula menunjukkan kefungsian penggunaan sistem Arduino serta IOT terhadap operasi mesin. Jadual 4 menunjukkan skop pengujian bagi sistem kawalan proses pemanasan bagi mesin flip vacuum thermoforming. Manakala Jadual 5 menunjukkan hasil produk terhadap parameter.

Jadual 2

Analisis proses pembangunan sistem

Proses	Status
Menghidupkan alat dengan menekan semua suis.	Berjaya
Kepitkan helaian plastic di bingkai flip dan dikunci kemas	Berjaya
Membuka hotspot pada telefon bimbit	Berjaya
Membuka aplikasi Blynk di telefon pintar	Berjaya
Penetapan suhu bahan plastic menggunakan aplikasi Blynk	Berjaya
Menekan butang on di telefon pintar dan pada mesin	Berjaya
Notifikasi dipaparkan di telefon pintar jika suhu telah dicapai	Berjaya
Selepas 5 saat butang off akan tertutup secara automatic pada mesin dan juga telefon pintar	Berjaya
Pengguna perlu melipat bingkai bahan plastic secara manual ke bahagian kebuk vakum	Berjaya
Vakum dihidupkan secara manual oleh pgguna dan proses penyedutan berlaku	Berjaya

Jadual 3

Analisis kefungsian sistem Arduino dan IOT

Fungsi	Status
Melakukan atucara pengkodan di dalam komputer	Berjaya
Penggunaan aplikasi Blynk dalam sistem	Berjaya
Penggunaan Blynk sebagai sistem telah menghubungkan antara sistem IOT	Berjaya
Sistem yang akan menggantikan fungsi thermometer inframerah	Berjaya

Jadual 4

Skop pengujian sistem kawalan

Komponen Pengujian	Jangkaan Pengoperasian	Status Pengoperasian
Paparan skrin	Akan memaparkan set temperature, start temperature, stop temperature dan imer	Berjaya
Sensor suhu jenis MX 6675	Menghadkan suhu serta cut off sistem pemaas setelah mencapai suhu yang telah ditetapkan	Berjaya
Telefon pintar	Memaparkan aplikasi yang dibangunkan	Berjaya

Jadual 5**Analisis hasil produk terhadap parameter optimum**

Bahan	Suhu HDT(°C)			Tempoh pemanasan (tH) (saat)	Tempoh vakum (tV) (saat)	Hasil pemerhatian ke atas produk
	A	B	C			
Polipropilena (PP)	50	28	59	47	5	Kurang sedutan vakum
	70	45	78	55	12.5	Kurang sedutan vakum serta mengelembung
	80	60	89	51	10.9	Hasil baik dan mencapai suhu optimum
	90	64	99	61	8.4	Berkedut dalam kadar yang sedikit serta terlebih vakum
	100	59	108	86	10.6	Mempunyai kedutan yang tinggi dan terlebih vakum
Polistirin (PS)	60	59	68	16	6.9	Bahan plastic tidak meleding kerana ia tidak panas sepenuhnya
	80	57	91	51	9.2	Hasil baik dan mencapai suhu optimum
	82	66	90	45	7.7	Mempunyai kedutan
	85	59	95	61	9.3	Bahan plastic terlampau panas dan telah mengakibatkan gelembung
	90	74	8	49	8.9	Terdapat kedutan pada permukaan bahan plastik
	110	8	118	91	9.4	Terdapat kedutan yang amat ktara dan banyak

*A = Setting temperature**B = Start temperature**C = Stop temperatur***5.0 Kesimpulan**

Kajian Pembangunan Sistem kawalan Proses Bagi Mesin Flip Thermoforming telah berjaya dilakukan dengan mencapai setiap objektif yang telah dinyatakan. Kejayaan dalam membangunkan mesin ini, telah membolehkan pengguna mesin ini menggunakan sistem IOT yang akan lebih memudahkan proses pembelajaran dan pengajaran di dalam kelas. Para pengkaji telah membangunkan sistem dalam kajian ini dan telah berjaya mendapatkan data-data hasil dari ujian ke atas mesin flip vacuum thermoforming. Perbezaan di antara mesin flip vacuum thermoforming yang terkini dan dahulu adalah pada pengukuran suhu pemanasan. Sebelum dinaiktaraf kepada penggunaan IOT, mesin ini menggunakan termometer inframerah sebagai alat pengukuran suhu. Dengan penambahan sistem ini, ia lebih memudahkan para pengguna untuk mengukur suhu pemanasan bahan termoplastik.

Rujukan



- Abdul Ghani, K., Eflita, Y., & Dwi Basuki, W. (2014). Mampu Bentuk Plastik Pada Proses Vacuum Forming Dengan Variasi Tekanan 0.979 bar, 0.959 bar, 0.929 bar, 0.909 bar Pada Temperatur 200oC. *Jurnal Teknik Mesin*, 2(2), 120–128.
- Cahyadi, D., Nurabdiansyah, N., & Farid, M. (2017). Studi Perancangan Alat Cetak Pembuat Kemasan Thermoplastic Bagi IKM Dengan Metode Vacuum Forming. *Jurnal Tantra*, 4(2), 45–61.
- Leite, W. de O., Rubio, J. C. C., Cabrera, F. M., Carrasco, A., & Hanafi, I. (2018). Vacuum thermoforming process: An approach to modeling and optimization using artificial neural networks. *Polymers*, 10(2).
- Nuari, A. (2017). Analisis Laju Aliran Panas Pada Proses Thermoforming Blister Packing Mesin Pam-Pac Bp-102 Dengan 2 Desain. *Jurnal Teknik Mesin*, 6(3), 207.
- Rasidi, N. M., Abdullah, M., Huwaina, A., Norhisham, A., Nur, F., Zakaria, A. (2019). Pembangunan Mesin Flip Thermoforming Bagi Proses Pembentukan Vakum. *International Journal of Undergraduate Research* 1(2), 76–82, RMP Publication.
- Sreedhara, V. S. M., & Mocko, G. (2015). Control of thermoforming process parameters to increase quality of surfaces using pin-based tooling. *Proceedings of the ASME Design Engineering Technical Conference*, 1-9, 4(September).