

PERANCANGAN DESAIN CETAKAN *INJECTION MOLDING* UNTUK PEMBUATAN INSOLE SEPATU BERBAHAN *SILICONE RUBBER*

*Muhammad Iqbal¹, Yusuf Umardani², Agus Suprihanto²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

*E-mail: ahmadiqbal1910@gmail.com

Abstrak

Sepatu merupakan salah satu kebutuhan manusia yang berguna untuk melindungi kaki. Selain itu, kegunaan sepatu saat ini disesuaikan dengan aktifitas yang dilakukan seperti acara formal, olahraga hingga peningkat gaya hidup. Sepatu memiliki variasi dari bahan yang baik sampai bahan yang jelek. Saat kita memilih sepatu, kebanyakan dari kita memilih model dan kenyamanannya. Oleh karena itu bahan pembuatan sepatu dititik beratkan pada sifat-sifat untuk bagian atas, sol dalam dan sol luar yang berhubungan dengan nyaman dalam pemakaian. Saat manusia berdiri tegak, ke dua telapak kaki bagian belakang menanggung beban 60% dari berat tubuh. Saat berjalan dan tumit menghentak di landasan beban satu kaki di area tumit bisa mencapai 70% dari berat tubuh. Sehingga dibutuhkan suatu *insole* sepatu untuk mengatasi permasalahan tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk membuat cetakan insole sepatu berbahan dasar alumunium, serta mencetak insole sepatu dan meneliti hasil cetakan insole sepatu. Proses perancangan cetakan menggunakan software Solidwork, dilanjutkan dengan proses CAM / pembuatan G code menggunakan software Rhinoceros 6. Proses permesinan yang digunakan dalam pembuatan cetakan insole sepatu adalah Non-konvensional permesinan yaitu dengan mesin CNC (*Computerized Numerical Control*). Proses permesinan yang dilakukan adalah proses milling untuk pembuatan contour dari insole sepatu pada cetakan alumunium. Variasi komposisi talc yaitu 10% dan 25%. Hasil cetakan *insole* sepatu menggunakan cetakan berbahan dasar alumunium secara akurasi dimensi, pada cetakan kaki kiri memiliki akurasi dimensi terbesar 0,19% dan yang terkecil yaitu 2,23%. Sedangkan pada cetakan kaki kanan memiliki akurasi dimensi terbesar yaitu 0,557% dan yang terkecil yaitu 2,08%. Kemudian secara organoleptis menurut SNI 12-0172-200 tentang Sepatu Kanvas Untuk Umum, sudah memenuhi persyaratan, yakni bagian atas atau permukaan sol tidak boleh cacat berupa lepuh, sobek, dan warna tidak merata.

Kata kunci: *cetakan; cetakan alumunium; silicone rubber*

Abstract

Shoes are one of the human needs that are useful for protecting the feet. In addition, the use of shoes is currently adapted to the activities carried out such as formal events, sports to lifestyle enhancement. Shoes have variations from good materials to bad materials. When we choose shoes, most of us choose the model and the comfort. Therefore, shoe-making materials are focused on the properties for the upper, insole and outsole related to comfort in wearing. When humans stand upright, the two hind feet bear the burden of 60% of the body's weight. When walking and heel stomping on the runway, one foot in the heel area can reach 70% of body weight. So we need a shoe insole to overcome these problems. This study aims to make shoe insole molds made of wood, and researching shoe insole prints. The process of designing the mold using Solidwork software, followed by the CAM process / making G code using Rhinoceros 6 software. The machining process used in making shoe insole molds is Non-conventional machining, namely by CNC machines (Computerized Numerical Control). The machining process carried out is milling process for the manufacture of the contour of the shoe insole on wood molds. Variations in talc composition are 10% and 25%. The prints of shoe insoles using wood-based molds In terms of dimensional accuracy, the left foot print has the largest dimensional accuracy of 0.19% and the smallest is 2.23%. While the right foot print has the largest dimensional accuracy of 0.557% and the smallest is 2.08%. Then in an organoleptic manner according to SNI 12-0172-200 concerning Canvas Shoes for the Public, have met the requirements, namely that the upper or the surface of the sole must not be deformed in the form of blisters, tears, and uneven color.

Keywords: *mold; silicone rubber; shoe insole*

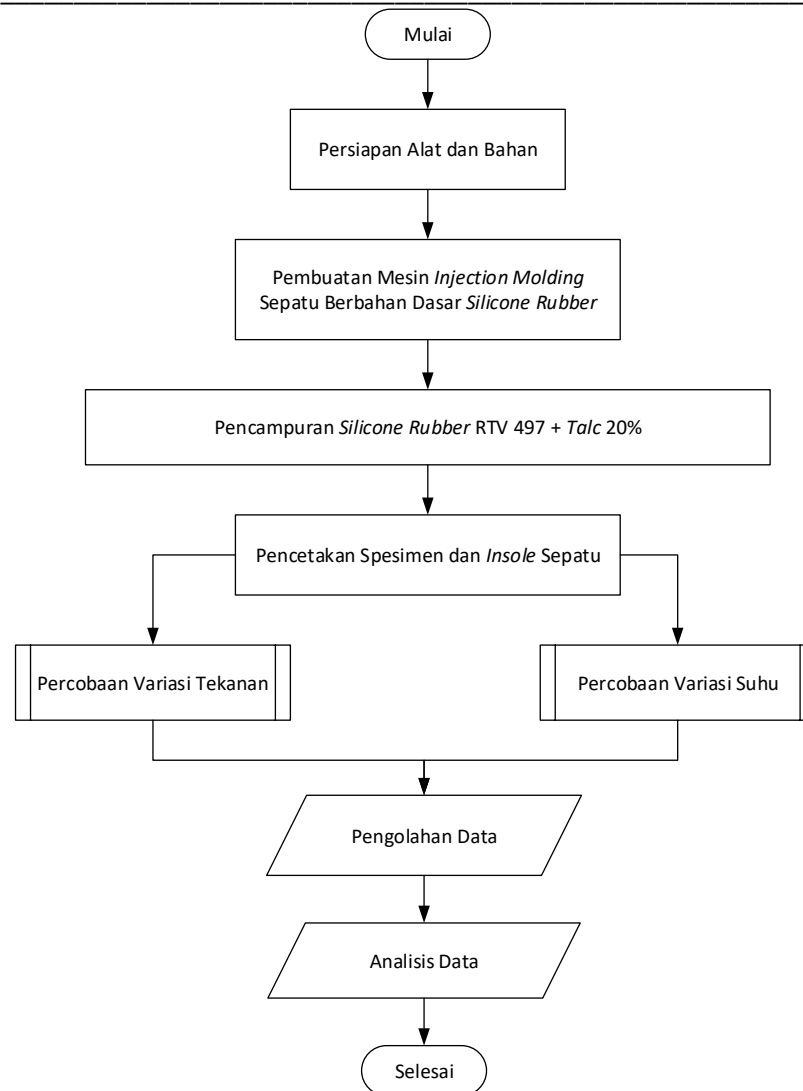
1. Pendahuluan

Sepatu menjadi kebutuhan primer bagi setiap orang untuk melakukan aktivitas sehari-hari, seperti berjalan, berlari, dan melompat. Sepatu yang bagus adalah sepatu yang memberikan rasa nyaman dan aman ketika digunakan untuk bergerak. Sepatu digunakan sebagai alas kaki untuk melindungi kaki dari efek eksternal seperti benda-benda berbahaya, zat berbahaya yang dapat menyebabkan kaki tergores dan kotor. Di dalam sebuah sepatu, terdapat tiga jenis sol sepatu yaitu sol luar (*outsole*), *middlesole*, dan sol dalam (*insole*) [1]. *Insole* sepatu adalah bagian dari dalam sepatu yang mengalami kontak langsung dengan kaki manusia ketika melakukan segala jenis aktivitas. *Insole* merupakan salah satu bagian yang penting yang menentukan kenyamanan bagi pengguna saat mengenakan sepatu. *Middlesole* merupakan bagian bawah sepatu yang menyatu dengan *outsole* yang juga memberikan kenyamanan pada telapak kaki saat beraktivitas. *Outsole* sepatu merupakan bagian dari sepatu yang mengalami kontak langsung dengan permukaan tanah [2]. Kaki rata (*flat foot*) sering terjadi pada anak-anak dan terkadang juga pada remaja. *Flat foot* adalah suatu kondisi lengkungan di *medial arch* terlalu kecil sehingga ketika berdiri sebagian besar telapak kaki di daerah *arch* menyentuh landasan. Seseorang dengan telapak kaki *flat foot* biasanya mudah lelah saat beraktivitas berjalan atau berlari, karena kemampuan penyerapan beban kejutnya menurun. Namun pada telapak kaki *flat foot* berlebihan sebagian besar beban akan ditanggung oleh tumit yang bisa mengakibatkan nyeri di area tersebut atau radang di selubung saraf telapak kaki [3].

Indikasi *flat foot* dapat diketahui dari *footprint scanning* saat berdiri (Paten a.n. Gunawan dkk) dan metode evaluasinya bisa menggunakan *Cavanagh Arch Index* (AI), *Rao & Joseph*, dll. Indikasi adanya *flat foot* dapat FAC (*foot area contact*) berbentuk citra 2D diperoleh dari hasil *footprint scanning* dan luas areanya dihitung menggunakan Matlab. Sedangkan telapak kaki kondisi tak berbeban berbentuk citra 3D diperoleh dari hasil pemindaian 3D dan luas areanya dihitung menggunakan software *Rhinoceros*. Dari hasil penelitian lainnya juga diperoleh korelasi signifikan antara indeks massa tubuh (BMI, *body mass index*) terhadap RFA pada tipe telapak kaki *flat foot* ($p\text{-value} < 0.01$), yang menunjukkan semakin besar BMI semakin besar pula nilai RFA-nya [5]. Dalam penelitian kali ini, penulis membuat alat injeksi molding dan memodifikasi beberapa prosesnya agar dapat menggunakan material *silicone rubber*. Dikarenakan memiliki karakteristik yang baik dan juga merupakan salah satu potensi alam yang terdapat di Indonesia, dalam penelitian ini penulis menggunakan material *silicone rubber*.

2. Dasar Teori dan Metodologi

Cetakan adalah suatu alat yang digunakan sebagai tempat cairan logam yang akan dibentuk oleh model. Pembuatan cetakan dalam proses pengecoran merupakan hal yang sangat penting dan harus sesuai dengan modelnya masing-masing. Cetakan dibagi menjadi dua jenis ditinjau dari bahan yang digunakan, yakni cetakan logam dan cetakan pasir. Kelebihan dari cetakan logam adalah dapat digunakan berulang kali, tetapi dengan biaya pembuatan cetakan yang mahal, sedangkan cetakan pasir tidak dapat digunakan berulang kali, tetapi biaya pembuatannya tidak terlalu mahal. Dalam proses pengecoran logam sendiri terdapat beberapa macam cetakan yang digunakan. Cetakan yang biasa digunakan antara lain cetakan permanen dan cetakan tidak permanen (cetakan pasir). [6]. Pada umumnya industri atau usaha kecil menengah dibidang pengecoran media cetaknya menggunakan cetakan pasir (*Sand Casting*). Dalam pengoperasiannya cetakan pasir hanya dapat dipergunakan untuk satu kali benda cor (sekali pemakaian), dan pada proses cetakan tersebut harus direkonstruksi yang tentu saja memerlukan biaya dan tambahan waktu. Ditinjau dari sisi biaya dan waktu, proses ini bisa dianggap kurang efisien untuk benda kerja produksi massal dan tidak terlalu rumit. Disisi lain mendapatkan pasir cetak dengan kualitas bagus pada masa sekarang tidaklah begitu mudah [7].



Gambar 1. Diagram Alir Metode Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Material Teknik Mesin UNDIP yang bertujuan untuk memperoleh atau memperluas fakta yang sudah ada sebelumnya. Tahapan proses pembuatan cetakan sisipan sol sepatu dan pembuatan komposit yang dilakukan sebagai berikut:

2.2 Tahapan proses pembuatan cetakan *insole* sepatu

Adapun prosedur pembuatan cetakan *insole* sepatu adalah sebagai berikut:

a. Proses dengan mesin CNC

1. Desain cetakan sisipan sol sepatu yang telah dibuat kemudian dimasukkan ke *software* Rhinoceros.
2. Pada *software* Rhinoceros, dilakukan proses pembuatan G-code.
3. Kemudian G-code akan dimasukkan ke dalam komputer yang terhubung dengan mesin CNC.
4. Setelah itu, alumunium jati dimasukkan ke dalam pengecam yang ada di mesin CNC.
5. Lalu lakukan setting nol pada mesin CNC.
6. Mulai proses pemotongan alumunium jati pada mesin CNC.
7. Pelepasan alumunium dari pengecam pada mesin CNC.
8. Selesai.

b. Proses dengan mesin bubut dan frais

1. Desain mesin *injection molding* menggunakan *software Solidwork*
2. Pada *software Solidworks* dilakukan proses pembuatan gambar mesin
3. Kemudian dari gambar mesin tersebut dilakukan proses permesinan
4. Proses permesinan awal dilakukan menggunakan mesin frais
5. Proses permesinan akhir dilakukan menggunakan mesin bubut
6. Tahap penyelesaian dari hasil yang telah didapati menggunakan amplas
7. Selesai

2.3 Tahapan proses pembuatan komposit

Adapun prosedur pembuatan spesimen adalah sebagai berikut:

1. *Silicone rubber* RTV dimasukkan kedalam wadah lalu ditimbang sesuai perhitungan kadar yang digunakan.
2. *Silicone rubber* yang masih berupa *liquid* lalu dimasukkan kedalam wadah lain dan dicampur dengan *talc* sesuai dengan komposisi 10% dan 20% dari berat *silicone rubber*.
3. Proses pengadukan dengan bor selama 2 menit agar *talc* tercampur merata (tidak terdapat gumpalan *talc* secara visual) dalam matrik *silicone rubber*.
4. Tambahkan *hardener* sesuai dengan kadar yakni sebesar 3,5% dari berat *silicone rubber* kemudian aduk kembali dengan bor selama 2 menit.
5. Lalu pemberian *silicone spray* pada cetakan yang fungsinya agar mempermudah pelepasan saat *insole* sepatu yang sudah jadi
6. *Silicone rubber* yang telah dicampurkan *talc* dan *hardener* dimasukkan ke dalam cetakan
7. Memanaskan cetakan selama 15-20 menit dengan *temperature control*
8. Proses pendinginan
9. Mengambil *insole* sepatu dengan membuka cetakan
Selesai.

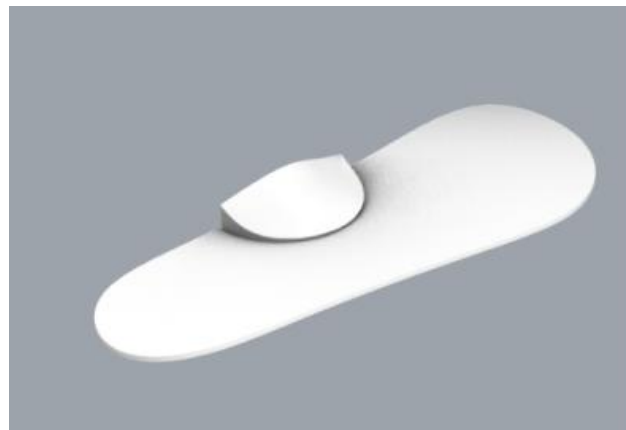
3. Analisis dan Pembahasan

Pada penelitian ini telah dilakukan perancangan dan pembuatan mesin *injection molding* dan pencetakan *insole* sepatu dengan menggunakan komposit berbahan dasar *silicone rubber* dan *talc* yang merupakan material sebagai alternatif pembuatan *insole* sepatu. Variabel yang diteliti dalam penelitian ini adalah pengaruh suhu dan tekanan terhadap hasil dari *insole* sepatu dengan proses pencetakan menggunakan mesin *injection molding*

3.1 Pembuatan Mesin Injection Molding

3.1.1 Perancangan Desain

Desain mesin *injection molding* dibagi menjadi beberapa bagian, diantaranya adalah *hydraulic unit*, *injection unit*, *molding unit* dan *clamping unit*. Dalam proses perencanaannya, dilakukan proses desain CAD perbagian yang mana setelah itu akan dilakukan proses perakitan bagian menjadi keseluruhan mesin *injection molding*. Desain *insole* sepatu yang akan digunakan pada cetakan diambil dari penelitian Nofa Karsa Mustadzanah, dengan judul Rancang Bangun Sol Sepatu *Orthotic* Untuk Penderita *Flat Foot*. Berikut merupakan gambar bentuk 3D *insole* sepatu



Gambar 2. Model 3D *Insole* Sepatu

3.2 Proses Pembuatan G Code

3.2.1 Molding Atas

N516 X-32.196 Y-41.477
 N518 X-34.263 Y-41.07
 N520 X-36.325 Y-40.661
 N522 X-38.384 Y-40.249
 N524 X-40.44 Y-39.836
 N526 X-42.497 Y-39.422
 N528 X-44.559 Y-39.007
 N530 X-46.629 Y-38.59
 N532 X-48.698 Y-38.176
 N534 X-50.779 Y-37.761
 N536 X-52.785 Y-37.363
 N538 X-54.852 Y-36.956
 N540 X-56.854 Y-36.566
 N542 X-58.875 Y-36.174
 N544 X-60.917 Y-35.781
 N546 X-62.981 Y-35.386
 N548 X-65.067 Y-34.987
 N550 X-67.177 Y-34.583
 N552 X-69.309 Y-34.172
 N554 X-71.462 Y-33.752
 N556 X-73.618 Y-33.325
 N558 X-75.661 Y-32.911
 N560 X-77.682 Y-32.489
 N562 X-79.709 Y-32.051
 N564 X-81.737 Y-31.594
 N566 X-83.764 Y-31.114
 N568 X-85.787 Y-30.609
 N570 X-87.795 Y-30.076
 N572 X-89.783 Y-29.513
 N574 X-91.744 Y-28.917
 N576 X-93.671 Y-28.286
 N578 X-95.559 Y-27.618
 N580 X-97.402 Y-26.911
 N582 X-99.192 Y-26.163
 N518 X-34.263 Y-41.07
 N520 X-36.325 Y-40.661
 N522 X-38.384 Y-40.249
 N524 X-40.44 Y-39.836
 N526 X-42.497 Y-39.422
 N528 X-44.559 Y-39.007
 N530 X-46.629 Y-38.59
 N532 X-48.698 Y-38.176
 N534 X-50.779 Y-37.761
 N536 X-52.785 Y-37.363
 N538 X-54.852 Y-36.956
 N540 X-56.854 Y-36.566
 N542 X-58.875 Y-36.174
 N544 X-60.917 Y-35.781
 N546 X-62.981 Y-35.386
 N548 X-65.067 Y-34.987
 N550 X-67.177 Y-34.583
 N552 X-69.309 Y-34.172
 N554 X-71.462 Y-33.752
 N556 X-73.618 Y-33.325
 N558 X-75.661 Y-32.911
 N560 X-77.682 Y-32.489
 N562 X-79.709 Y-32.051
 N564 X-81.737 Y-31.594
 N566 X-83.764 Y-31.114
 N568 X-85.787 Y-30.609
 N570 X-87.795 Y-30.076
 N572 X-89.783 Y-29.513
 N574 X-91.744 Y-28.917
 N576 X-93.671 Y-28.286
 N578 X-95.559 Y-27.618
 N580 X-97.402 Y-26.911
 N582 X-99.192 Y-26.163
 N584 X-100.923 Y-25.374
 N656 X-100.293 Y23.98
 N658 X-98.546 Y24.746
 N660 X-96.741 Y25.458
 N662 X-94.884 Y26.117
 N664 X-92.979 Y26.725
 N666 X-91.031 Y27.285
 N668 X-89.044 Y27.799
 N670 X-87.049 Y28.264
 N672 X-85.079 Y28.678
 N674 X-83.094 Y29.055
 N676 X-81.09 Y29.399
 N678 X-79.073 Y29.711
 N680 X-77.023 Y29.998
 N682 X-74.953 Y30.259
 N684 X-72.877 Y30.495
 N686 X-71.84 Y30.601
 N688 X-70.8 Y30.708
 N690 X-68.854 Y30.888
 N692 G2 X-57.975 Y21.852 R10.001
 N694 G1 X-57.514 Y16.873
 N696 G0 Z10.
 N698 M5
 N700 G91 G28 Z0.
 N704 M30

Gambar 3. G Code Molding Atas

3.2.2 Molding Bawah

N370 X15.674 Y-14.67
 N372 X15.148 Y-13.823
 N374 X14.597 Y-12.992
 N376 X14.022 Y-12.177
 N378 X13.511 Y-11.497
 N380 X12.947 Y-10.791
 N382 X12.302 Y-10.03
 N384 X11.634 Y-9.288
 N386 X10.847 Y-8.468
 N388 X10.032 Y-7.673
 N390 X9.201 Y-6.917
 N392 X8.501 Y-6.321
 N394 X7.612 Y-5.615
 N396 X6.696 Y-4.936
 N398 X5.757 Y-4.289
 N400 X4.797 Y-3.674
 N402 X3.831 Y-3.1
 N404 X2.906 Y-2.594
 N406 X1.829 Y-2.054
 N408 X.701 Y-1.541
 N410 X-.444 Y-1.069
 N412 X-1.606 Y-.64
 N414 X-2.71 Y-.278
 N416 X-3.765 Y-.027
 N418 X-4.866 Y.302
 N420 X-5.997 Y.544
 N422 X-7.136 Y.747
 N424 X-8.26 Y.908
 N426 X-9.343 Y1.025
 N428 X-10.412 Y1.104
 N430 X-11.505 Y1.148
 N432 X-12.657 Y1.153
 N434 X-13.808 Y1.12
 N436 X-14.909 Y1.051
 N438 X-16.013 Y.943
 N440 X-17.119 Y.797
 N442 X-18.141 Y.627
 N444 X-19.268 Y.399
 N446 X-20.304 Y.153
 N448 X-21.277 Y-.109
 N450 X-22.264 Y-.409
 N452 X-23.272 Y-.751
 N454 X-24.197 Y-1.098
 N456 X-25.113 Y-1.474
 N458 X-26.085 Y-1.909
 N460 X-26.999 Y-2.355
 N462 X-28.199 Y-2.994
 N464 X-29.409 Y-3.704
 N466 X-30.516 Y-4.418
 N468 X-31.611 Y-5.19
 N470 X-32.67 Y-6.005
 N472 X-33.729 Y-6.892
 N474 X-34.767 Y-7.838
 N476 X-35.55 Y-8.607
 N478 X-36.22 Y-9.309
 N480 X-36.934 Y-10.109
 N482 X-37.611 Y-10.919
 N484 X-38.292 Y-11.791
 N486 X-38.945 Y-12.686
 N488 X-39.566 Y-13.598
 N490 X-40.117 Y-14.468
 N492 X-40.615 Y-15.312
 N494 X-41.113 Y-16.224
 N496 X-41.603 Y-17.193
 N498 X-42.06 Y-18.174
 N500 X-42.277 Y-18.667
 N502 X-42.483 Y-19.165
 N504 X-42.88 Y-20.184
 N506 X-43.195 Y-21.076
 N508 X-43.494 Y-22.021
 N510 X-43.789 Y-23.066
 N512 X-44.049 Y-24.117
 N514 X-44.275 Y-25.176
 N516 X-44.467 Y-26.238
 N518 X-44.621 Y-27.278
 N520 X-44.718 Y-28.116
 N522 X-44.805 Y-29.151
 N524 X-44.859 Y-30.168
 N526 X-44.878 Y-30.946
 N528 X-25.194
 N530 Y-30.726
 N532 X-15.194 Z-.697
 N534 X20.093
 N536 X20.078 Y-30.132
 N538 X20.028 Y-29.19
 N540 X19.959 Y-28.363
 N542 X19.849 Y-27.392
 N544 X19.709 Y-26.41
 N546 X19.54 Y-25.432
 N548 X19.346 Y-24.483
 N550 X19.135 Y-23.577
 N552 X19.011 Y-23.092
 N554 X18.898 Y-22.684
 N556 X18.64 Y-21.818
 N558 X18.326 Y-20.867
 N560 X17.984 Y-19.926
 N562 X17.619 Y-19.008
 N564 X17.252 Y-18.158
 N566 X16.829 Y-17.253

Gambar 4. G Code Molding Bawah

3.2 Hasil Cetakan



Gambar 5. Hasil Cetakan



Gambar 6. Hasil Gate



Gambar 7. Hasil Penampung Materil



Gambar 8. Hasil Plunger

3.3 Perbandingan Fraksi Massa

3.3.1 Komposisi

Komposit yang digunakan pada penelitian ini adalah material *talca*, sedangkan material polimer yang digunakan yaitu *silicone rubber*. *Silicone rubber* tersebut diberikan penambahan komposisi persentase *talca* sebanyak 2 variasi.

Tabel 1. Perbandingan Komposisi *Talc* dan *Silicone Rubber*

NO	<i>Silicone Rubber</i> (%)	<i>Talc</i> (%)	<i>Hardener</i> (%)
1	90	10	3,5
2	80	20	3,5

Tabel 1. menunjukkan perbandingan fraksi massa dari material *talca* dan *silicone rubber*. Komposit dibuat menggunakan variasi komposisi sebanyak 2 jenis variasi dan menghasilkan hasil yang berbeda

Untuk *hardener* tidak divariasikan dikarenakan 3,5 % adalah rekomendasi terbaik untuk RTV 497, jika melebihi akan mengeras sebelum dituangkan dan *silicone rubber* tidak akan menyebar keseluruh cetakan akibatkan *insole* tidak akan membentuk sempurna, namun jika terlalu sedikit *silicone rubber* tidak akan mengeras

3.3.2 Suhu

Dalam pembuatan *insole* sepatu menggunakan mesin *injection molding* ini menggunakan 2 variasi suhu, suhu yang tinggi dalam hal ini berfungsi untuk mempercepat pengerasan *silicone rubber* yang di cetak

Tabel 2. Perbandingan Suhu

NO	Suhu (°C)
1	75
2	100

Tabel 2. menunjukkan perbandingan suhu yang berbeda, penerapan suhu tinggi pada pembuatan *insole* sepatu untuk mempercepat pengerasan *silicone rubber* yang mana sangat efektif karena hanya membutuhkan waktu 30 – 60 menit untuk *silicone rubber* mengeras, berbanding tebalik dengan tidak dipanaskan akan membutuhkan waktu 24 jam untuk *silicone rubber* bisa mengeras

3.4 Pembuatan Komposit

Proses pembuatan material komposit dilakukan dengan pencampuran *silicone rubber* RTV 497 dengan variasi komposisi serbuk *talca* dan *hardener*. Komposit yang dibuat bermatriks *silicone rubber* RTV 497 dengan aditif yang digunakan yaitu serbuk *talca*. Pembuatan dengan cara menambahkan aditif serbuk *talca* dengan variasi komposisi yaitu 10% dan 20% dan *hardener* sebanyak 3,5%. *Talc* dicampur dengan *silicone rubber* kemudian diaduk selama 3 menit



Gambar 9. Hasil Pencampuran *Silicone Rubber* dan *Hardener*

3.5 Hasil Cetakan *Insole* Sepatu



Gambar 10. Hasil *insole* sepatu variasi suhu 100° dengan komposisi *silicone rubber* 80% dan *talca* 20%



Gambar 11. Hasil insole sepatu variasi suhu 75° dengan komposisi silicone rubber 80% dan talc 20%



Gambar 12. Hasil insole sepatu variasi suhu 75° dengan komposisi silicone rubber 80% dan talc 20%

Pembebanan maksimum yaitu saat analisa pembebanan daya tampung maksimal pada *magnetic trap hopper* yaitu 200 kg, diperoleh nilai *safety factor* adalah 2,969, sehingga untuk pembebanan gabah pada *magnetic trap hopper* lebih dari 200 kg tidak aman, sedangkan untuk pembebanan gabah kurang dari 200 kg ke bawah aman. Untuk pembebanan daya tampung maksimal 100 kg diperoleh nilai *safety factor* 3.008, sehingga untuk pembebanan gabah pada *magnetic trap outlet* maksimum tidak lebih dari 100 kg.

3.5 Perhitungan Cetakan

3.5.1 Perhitungan Cavity

Penentuan banyaknya *cavity* merupakan penentuan jumlah maksimal *cavity* berdasarkan kapasitas maksimal penyuntikan yang dapat dilakukan oleh mesin injeksi berdasarkan berat runner dan produk. Rumus mencari banyaknya jumlah *cavity* dapat dilihat pada rumus dibawah ini

$$Qty\ of\ cavity = \frac{sw \times 0,8}{Wm}$$

$$Qty\ of\ cavity = \frac{137,444\ cm^3 \times 0,8}{120}$$

$$Qty\ of\ cavity = 0,916$$

Dari perhitungan di atas maka didapatkan jumlah *cavity* yang digunakan pada injection molding adalah 1

3.5.2 Clamping Force

Clamping force adalah tonase yang diperlukan untuk menjaga agar kondisi mold tetap tertutup rapat selama proses produksi, dan menahan tekanan material pada total area yang diproyeksikan pada seluruh permukaan *cavity* dan *core*, pada saat injeksi, pemampatan ataupun pembentukan. Rumus mencari *clamping force* dengan rumus sebagai berikut

$$Fc = Pi \times A_{proj}$$

$$F_{clamping} = Pi \times \left(\frac{\pi d^2}{15} \cdot 2 \right)$$

$$F_{clamping} = 54 \times \left(\frac{3,14 \cdot 30^2}{4} \cdot 2 \right)$$

$$F_{clamping} = 76.302\ N$$

3.5.3 Gate

Perhitungan gate menggunakan rumus kerucut dikarenakan gate yang berbentuk kerucut, maka dari itu luas permukaan gate sebagai berikut

$$V = \frac{1}{3} \pi r^2 t$$

$$= \frac{1}{3} 3,14 \cdot 6 \cdot 6 \cdot 0,8$$

$$= 30,144$$

Dari perhitungan diatas didapatkan luas gate yang berbentuk kerucut adalah 30,144

3.6 Pemilihan Material Cetakan

3.6.1 Aluminium

Aluminium adalah salah satu material ringan yang memiliki kelebihan yaitu kuat terhadap korosi dan hantaran listrik yang baik. Selain itu aluminium merupakan logam yang memiliki *mechanical properties* dan memiliki kemampuan untuk pengelasan yang cukup baik. Selain itu, aluminium juga mempunyai beberapa kelebihan diantaranya rendahnya massa jenis, menahan korosi yang baik, memiliki harga yang ekonomis, baik dalam menghantarkan listrik serta panas, serta ketahanan oksidasi

Dan alasan cetakan menggunakan berbahan aluminium dikarenakan memudahkan proses pengerjaan pembuatan cetakan, ketahanan panas yang baik, aluminium juga ringan, tahan korosi dikarenakan cetakan digunakan berkali kali

4. Kesimpulan

Pada penelitian kali ini telah dilakukan pembuatan insole sepatu dengan material silicone rubber menggunakan cetakan berbahan dasar aluminium dengan metode injection molding. Maka bisa di ambil kesimpulan sebagaia berikut Proses perancangan cetakan menggunakan software Solidwork, yang dilanjutkan dengan proses pembuatan G code dengan menggunakan software Rhinoceros 6. Proses permesinan pembuatan insole sepatu adalah semi otomatis dikarenakan menggunakan mesin injection molding dengan cetakan yang digunakan adalah berbahan dasar aluminium, suhu mempengaruhi cepat lama nya insole sepatu mengeras, dengan suhu optimal antara 70 – 80°C bisa menambah efisiensi waktu yaitu sebesar 96% jika dibandingkan dengan menggunakan suhu ruangan, hasil permukaan insole sepatu memiliki permukaan yang halus dan sol

5. Daftar Pustaka

- [1] Saputro. (2021). Pengaruh Penambahan Talc Pada Silicone Rubber RTV 49, 52, 48, 10A, dan 00A Terhadap Tear Strength, Kekerasan, dan Densitas. Tugas Akhir. Universitas Diponegoro, Semarang.
- [2] Husain dkk. (2019). Uji Sifat Mekanika Kayu Jati (*Tectona grandis* L.F) Asal Desa Pulu Kecamatan Dolo Selatan Kabupaten Sigi Sulawesi Tengah. Jurnal Warta Rimba. Universitas Tadolako, Palu.
- [3] Kurniawan dkk. (2014). Analisis Kekuatan Tarik dan Struktur Mikro Pada Baha ST- 41 Akibat Perbedaan Ayunan Elektroda Pengelasan SMAW. Jurnal Teknik Mesin. Universitas Negeri Malang, Malang.
- [4] Suliknyo, S. (2017). Pengembangan Formula Compound Rubber dalam Pembuatan Sol Sepatu. Jurnal Teknik Mesin Mercu Buana, 6(1), 1-5.
- [5] Supriyanto. (2018). Desain dan Proses Pembuatan Cetakan Permanen dengan Material Logam Besi Cor Kelabu Hasil Coran Pasir CO2 Untuk Proses Pembuatan Flange dengan Material Kuningan. Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- [6] Taj, S., Munawar, M. A., & Khan, S. (2007). Natural Fiber-Reinforced Polymer Composites. *Proceedings-Pakistan Academy Of Sciences*, 44(2), 129. Vesta. (2015). Silicone Rubber Material Benefits And Fabrications Advantages. U.S.A: Franklin.
- [7] Kusuma dkk. (2016). Penambahan Besar Sudut Inklinasi Insole Sepatu Kerja Menurunkan Kadar Glukosa Darah Puasa dan HbA1c. Jurnal Ners Vol.11. Universitas Airlangga, Surabaya.
- [8] Cendy Hastu Utomo. (2017). Analisis Finite Element Insole Shoe Orthoric pada Kasus Kelainan Kaki Datar. *Tugas Akhir Universitas Atmajaya Yogyakarta*.
- [9] Asmaulroiqohi. (2010). Komponen Sepatu. In D. A. Basuki, *Teknologi Sepatu*. Yogyakarta: Akademi Teknologi Kulit. Pusat Studi Ekonomi Dan Kebijakan Publik. (2018). *Revolusi Industri 4.0*.
- [11] Shit, S. C. and Shah, P. (2013) 'A review on silicone rubber', *National Academy Science Letters*, 36(4), pp. 355–365. doi: 10.1007/s40009-013-0150-2.
- [12] Fajri, S.N., Khumaedi, M. (2016). PENERAPAN MODUL PEMBELAJARAN SOLIDWORKS UNTUK MENINGKATKAN KOMPETENSI MEMBUAT MODEL 3D. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin*, 16(1), 43–47.
- [13] Wijaya dkk. (2017). Pengaruh Variasi Temperatur Tuang Terhadap Ketangguhan Impak dan Struktur Mikro Pada Pengecoran Aluminium. *Jurnal SIMETRIS* Vol.8. Universitas Surakarta, Karanganyar.
- [14] Widiartha, I. G., Sari, N. H., & Sujita, S. (2012). Study Kekuatan Bending Dan Struktur Mikro Komposit *Polyethylene* Yang Diperkuat Oleh *Hybrid* Serat Sisal Dan Karung Goni. *Dinamika Teknik Mesin: Jurnal Keilmuan dan Terapan Teknik Mesin*, 2(2).