Jurnal Mekanova Mekanikal, Inovasi dan Teknologi
Vol 11 No. 1, April 2025
P-ISSN : 2477-5029
E-ISSN : 2502-0498

Fabrikasi *Mold* dan *Dies* Pencetak Piring dari Pelepah Pinang Menggunakan Mesin CNC VMC-50E

Marzuki *[1], Hamdani[2]
[1,2]Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe
e-mail: *[1]marzuki@pnl.ac.id, [2]hamdani_jtm@pnl.ac.id

Abstrak

Pelepah daun Pinang merupakan merupakan limbah dari perkebunan Pinang yang dewasa ini belum banyak dimanfaatkan di provinsi Aceh. Pelepah daun Pinang mengandung selulosa, hemiselulosa dan lignin yang sangat memungkinkan dikembangkan menjadi produk yang bernilai ekonomis, hegienis dan sangat ramah lingkungan seperti piring. Proses pencetakan piring dari pelepah Pinang membutuhkan alat pencetak dengan perlakuan pemanasan dan penekanan untuk membentuk produk sesuai dimensi yang diinginkan. Desain cetakan (Mold dan Dies) sangat mepengaruhi hasil, ukuran, dimensi, dan bentuk produk akhir. Perkembangan teknologi manufaktur dengan adanya mesin Computer Numerical Controlled (CNC) memberikan peluang bagi pengembangan produk-produk dari pelepah Pinang dengan fabrikasi Mold dan Dies yang lebih presisi, akurat dan cepat. Penelitian sebelumnya telah menghasilkan alat pencetak piring dari pelepah Pinang menggunakan Mold dan Dies yang dibuat secara pemesinan manual tanpa kajian kepresisian, derajad kemiringan sudut dan analisis kekasaran permukaan. Belum tersedianya Mold dan Dies dipasaran lokal menyebabkan petani belum dapat memanfaatkan potensi pelepah Pinang sebagai produk organik bernilai tambah. Penelitian ini bertujuan untuk memfabrikasi Mold dan Dies pencetak piring bulat dari pelepah Pinang dengan dimensi Ø260 mm, kedalaman 20 mm dan sudut kemiringan 450 dari material Aluminium seri 5020 menggunakan mesin CNC milling VMC- 50E. Proses fabrikasi meliputi desain CAD, pembuatan program NC-Code, simulasi, proses pemesinan, dan pengujian kekasaran permukaan. Hasil penelitian menunjukkan Mold dan Dies yang dihasilkan memiliki keakuratan dimensi sesuai desain. Nilai rata-rata kekasaran Mold dan Dies memenuhi tingkat kekasaran N5 (0,2-0,4 μm Ra). Produk ini dapat digunakan untuk memproduksi piring dari pelepah Pinang yang ramah lingkungan dan bernilai ekonomis.

Kata kunci*—Mold dan Dies, Mesin CNC, Material Aluminium, Pelepah Pinang, Kekasaran Permukaan*

Abstract

The fronds of the areca nut represent waste from areca palm plantations that have not been optimally utilized in Aceh Province. Containing cellulose, hemicellulose, and lignin, these fronds have the potential to be developed into economically valuable, hygienic, and environmentally friendly products, such as plates. The plate-making process from areca palm fronds requires a molding tool that combines heating and pressing to shape the product according to the desired dimensions. The design of the molds and dies significantly impacts the result, size, dimensions, and final shape of the product. With advancements in manufacturing technology, Computer Numerical Controlled (CNC) machines provide opportunities for producing molds and dies with high precision and accuracy. Previous studies have produced plate-making tools with molds and dies created manually without considering precision, angle, and surface roughness analysis. The absence of molds and dies in local markets prevents farmers from utilizing the potential of areca palm fronds as organic value-added products. This

study aims to fabricate molds and dies for round plate-making from areca palm fronds, with dimensions of Ø260 mm, a depth of 20 mm, and an angle of 45°, using Aluminium series 5020 through a CNC milling machine, VMC 50E. The fabrication process includes CAD design, NC-code programming, simulation, machining, and surface roughness testing. The results show that the produced molds and dies have dimensional accuracy in line with the design. The average surface roughness of the molds and dies meets the N5 roughness level (0.2-0.4 μm Ra). This product is ready for producing environmentally friendly and economically valuable plates from areca palm fronds.

Keywords—*Maks. Mould and Dies, CNC Machine, Aluminium Material, Areca nut leaf fronds, Surface roughness*

1. PENDAHULUAN

Luas perkebunan Pinang di Provinsi Aceh mencapai 45.044 hektare, menghasilkan 364.856.400 – 2.265.7132.000 pelepah daun pertahun [1]. Dewasa ini pelepah daun hanya sebagian kecil dimanfaatkan petani untuk keperluannya dan selebihnya terbuang, meskipun harga Pinang turun drastis hingga Rp.5000 perkilogram, mengakibatkan rendahnya penghasilan petani. Untuk itu diperlukan pemanfaatan lebih maksimal dari pelepah Pinang karena dapat dijadikan sebagai produk yang bernilai tambah seperti wadah atau piring [2] [3].

Pelepah daun Pinang (Areca catechu L.) merupakan daun yang sudah matang bewarna kekuning-kuningan yang jatuh dari pohon pinang. Pelepah ini sedianya menutupi diameter batang pohon pinang dan melindungi bakal bunga dari pohon pinang. Setelah bakal bunga menjadi buah, maka pelepah ini akan menjadi tua dan jatuh.

Pelepah daun pinang mengandung selulosa, hemiselulosa dan lignin sebagai bahan utama penyusunnya. Selulosa merupakan salah satu biopolimer yang menyusun bahan kemasan [2]. Sehingga sangat memungkinkan pelepah pinang ini dikembangkan menjadi produk yang bernilai ekonomis dan sangat ramah lingkungan. Piring dari pelepah pinang telah mendapat persetujuan dan apresiasi dari Kementerian Pariwisata dan Ekonomi Kreatif dari Menteri Sandiaga Uno yang menurutnya adalah terobosan yang berani yang merupakan inovasi yang ramah lingkungan dan tidak hanya menjadi solusi untuk alam tetapi juga masyarakat secara social [4].

Proses pencetakan atau pembuatan piring dari pelepah pinang dibutuhkan alat pencetak dengan perlakuan pemanasan dan penekanan atau press hingga terjadi deformasi plastis yang memenuhi bentuk dan dimensi yang diinginkan [5]. Design cetakan (dies dan mold) akan sangat mempengaruhi hasil, ukuran, dimensi dan bentuk serta keseuaian dari produk yang diinginkan [6]. Komponen inti dari alat pencetak piring ini adalah bagaimana mendesain Mold dan Dies sehingga dapat memberikan bentuk akhir produk yang bagus dan sesuai dengan perencanaan [5] [6].

Riwayat alat pencetak piring dari pelepah daun pinang ini pertamanya diciptakan di India. India adalah negara yang pertama kali mengembangkan piring dari pelepah pinang. Hal ini sejalan dengan posisi India sebagai produsen pinang terbesar di dunia [7] [8]. Selanjutnya, piring dari pelepah pinang dikembangkan di Malaysia, dan kemudian diikuti oleh Indonesia. Saat ini, setidaknya terdapat empat produsen piring pelepah pinang di Indonesia. Dua produsen menggunakan alat pencetak piring (plate molding tool) yang diimpor dari India, dua lainnya memproduksi alat pencetak piring secara mandiri. Kedua jenis alat tersebut, baik impor ataupun produksi sendiri, bekerja dengan prinsip pencetakan (molding) pada suhu dan tekanan tinggi, yaitu pada kisaran suhu 110-170 0C dan tekanan 500-800 kPa dengan lama pencetakan 60-90 detik [5].

Penelitian sebelumnya telah menghasilkan alat pencetak piring dari pelepah Pinang menggunakan Mold dan Dies yang dibuat secara pemesinan manual dan belum ada kajian variasi dari derajad sudut dan analisis kekasaran permukaan [2] [9] [8] [10] [11]. Belum tersedianya Mold dan Dies dipasaran lokal sehingga petani belum teredukasi untuk memanfaatkan potensi pelepah Pinang sebagai produk organik yang ramah lingkungan yang dapat dimanfaatkan sebagai penambah penghasilan petani.

Material aluminium sangatlah cocok digunakan sebagai bahan mold dan dies, selain higiesnis untuk bahan pembuat produk makanan dan tahan korosi juga dikarenakan material ini memiliki konduktifitas termal lebih baik dan massa jenis lebih rendah serta koefisien muai panjang pada suhu rendah lebih baik dibandingkan besi [11].

Dewasa ini penggunaan Mesin CNC untuk fabrikasi Mold dan Dies sudah sangat dominan digunakan oleh industry-industri manufaktur baik pada proses pembuatan produk secara langsung maupun proses finishing produk dari hasil pengocoran. Hal ini dimungkinkan oleh kemampuan mesin CNC yang dapat melakukan pekerjaan yang sangat kompleks dan rumit yang tidak bisa dilkukan oleh mesin milling manual. Dalam mendesain mold dan dies, penggunaan software CAD/CAM akan sangat sangat membatu dalam rangka NC code [12].

Integrasi perangkat lunak CAD-CAM dan mesin CNC menghadirkan jalan yang menjanjikan untuk optimalisasi pembuatan mold dan dies. Hasilnya menunjukkan bahwa pendekatan ini dapat meningkatkan efisiensi, presisi, dan keberlanjutan proses manufaktur secara signifikan [12]. Dengan memanfaatkan potensi teknologi modern, produksi mold dan dies untuk mencetak piring dari pelepah Pinang dapat direvolusi untuk memenuhi tuntutan standar manufaktur kontemporer.

Mesin CNC (Computer Numerical Control) merupakan mesin yang menggunakan sistem komputer untuk mengontrol segala gerakan dan aktifitas mesin dengan menggunakan perintah dalam bentuk angka (G-Code) dan huruf (M-Code). Mesin milling CNC pada dasarnya memiliki 3 buah sumbu yang dapat bergerak secara bersamaan yaituu sumbu X, Y dan Z. Pergerakan mesin ini dirancang terkoordinasi untuk mendapatkan lintasan tertentu, sehingga dapat dinamakan sumbu yang berkesinambungan atau sumbu kontur (contouring axis).

Mesin CNC milling secara umum digunakan untuk memotong, membentuk, dan menghasilkan benda kerja dengan presisi tinggi menggunakan alat potong yang diputar pada kecepatan tinggi. Mesin CNC milling dapat digunakan untuk membuat berbagai bentuk dan ukuran benda kerja, dari komponen kecil hingga struktur besar.

Penelitian ini bertujuan untuk memfabrikasi Mold dan Dies pencetak piring dari pelepah Pinang yang berbentuk bulat dengan dimensi diameter luar Ø260 mm, kedalaman 20 mm dan sudut kemiringan 450 dari material Aluminium seri 5020 menggunakan mesin CNC milling VMC 50E.

Produk mold dan dies ini nantinya akan dipasangkan pada unit mesin pencetak piring dari pelepah pinang yang dilengkapi dengan elemen pemanas dan digerakkan oleh tenaga pneumatik atau hidroulik.

2. METODE PENELITIAN

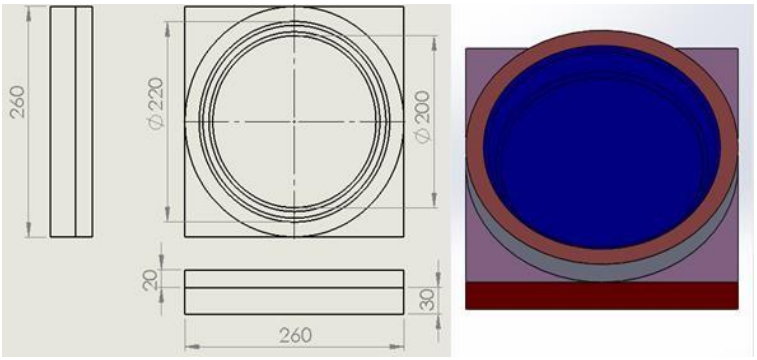
2.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini antara lain adalah mistar ukur, jangka sorong, Busur sudut, Mesin CNC Milling VMC 50E, Sinumerik 808D, Jig dan Fixture, Clamping, Pahat Facing, Pahat Endmil dan Pahat Ballmill. Bahan yang digunakan adalah Aluminium dan Alat uji yang digunakan adalah alat uji kekasaran permukaan.

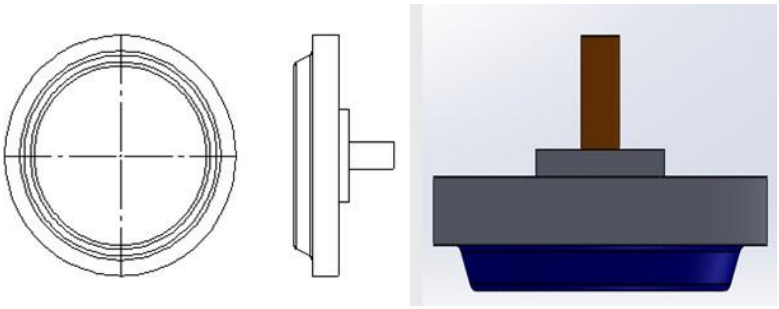
Bahan yang digunakan adalah Material aluminium (Raw material) dengan ukuran (PxLxT) 300 mm x 300 mm x 40 mm seri 5020 sebanyak 2 buah, satu buah untuk mold dan satu buah untuk dies.

2.2 Gambar Mold dan Dies

Desain Mold dan dies untuk produk piring bulat dengan diameter luarnya Ø 260 mm, diameter dalamnya Ø 200 mm dan dengan kedalamnya 20 mm dengan radius sisi adalah 10 mm serta sudut kemiringannya 45^0 (gambar 1 dan 2).



Gambar 1. Desain CAD untuk Mold Produk piring Bulat



Gambar 2. Desain CAD untuk Dies Produk piring Bulat

2.3 Setting Parameter Pemesinan

Parameter proses pemesinan pada proses milling digunakan untuk menentukan perhitungan-perhitungan pada proses pemotongan/penyayatan pemesinan milling yang terdiri kecepatan potong (Vc), kecepatan putaran mesin (rpm), kecepatan pemakanan (Vf) dan kedalaman pemotongan (*depth of cut*).

Kecepatan potong (*Cutting speed*), Kecepatan potong merupakan kecepatan gerak putar pahat, yang dinyatakan dalam meter/menit. Kecepatan gerak pahat tergantung dari bahan benda kerja yang akan di-milling dan bahan dari pahat potong itu sendiri.

Putaran spindle (*spindle speed)*, Kecepatan putaran mesin adalah kemampuan kecepatan putaran mesin dalam satu menit. Dalam hal ini mengingat nilai kecepatan potong untuk setiap jenis bahan sudah ditetapkan secara baku, maka komponen yang bisa diatur dalam proses penyayatan adalah putaran mesin/benda kerja.

Kecepatan pemakanan (*Feedrate*), Gerak makan (f) adalah jarak lurus yang ditempuh pisau dengan laju konstan relatif terhadap benda kerja dalam satuan waktu, biasanya satuan gerak makan yang digunakan adalah mm/menit.

Kedalaman pemotongan (*Depth of cut*), Kedalaman potong (a) ditentukan berdasarkan selisih tebal benda kerja awal terhadap tebal benda kerja akhir. Untuk kedalaman potong yang relatif besar diperlukan perhitungan daya potong yang diperlukan untuk proses penyayatan. Besarnya kedalaman pemakanan berhubungan erat dengan kecepatan pemakanan dan juga dari diameter pahat tersebut. Semakin tinggi kecepatan pemakanan, maka pahat yang digunakan semakin kecil diameternya dan kedalaman pemakanan pada benda kerja menjadi kecil.

2.4 Pembuatan Program NC

Metode pemograman NC yang digunakan adalah metode absolut. Struktur dari program terdiri dari kepala program, isi program, sub program dan akhir program. Kode-G dan kode-M yang digunakan disesuaikan dengan controller pada mesin CNC milling VMC 50E yaitu Siemen Sinumerik 808D milling.

2.5 Simulasi dan Eksekusi Program

Proses simuasi program NC untuk Mold dan Dies yang telah dibuat dapat dilakukan secara terpisah pada *software* Sinumerik 808D on PC 46 dan secara langsung pada mesin VMC 50E dengan *controller* Siemen Sinumerik 808D milling. Simulasi dilakukan untuk proses pemesinan yang meliputi; perataan permukaan (*Facing)*, pemakanan kasar poket bulat, dan finishing kontur. Eksekusi program NC pada tahapan ini dikondisikan mesin dalam keadaan tidak aktif, akan tetapi proses simulasinya adalah benar dan sesuai. Setelah dipastikan kebenaran program NC yang disimulasikan maka selanjutnya akan dilakukan proses pemesinan untuk memfabrikasi Mold dan Dies.

2.6 Proses Fabrikasi Mold dan Dies

Proses pemesinan untuk fabrikasi Mold dan Dies dilakukan dengan pentahapan sebagai berikut;

1). Penyetingan benda kerja pada meja kerja mesin dengan menggunakan jig dan clamping
2). Penyetingan referensi mesin berdasarkan ukuran benda kerja
3). Penyetingan referensi pahat dan pahat yang digunakan
4). Penyetingan parameter pemesinan
5). Penyetingan langkah dan tahapan pemakanan
6). Pelepesan produk dari jig dan clamping.

2.7 Pengujian Kekasaran Permukaan

Pengujian kekasaran dilakukan dengan menggunakan alat uji kekasaran permukaan Mitutoyo SJ-310 dan harga kekasaran dinyatakan dalam Ra. Alat uji kekasaran digunakan pada spesimen setelah proses pemesinan dengan mesin VMC 50E untuk mengetahui tingkat kekasaran produk Mold dan Dies. Penguian untuk kekasaran Mold dan Dies masing-masing dilakukan pada 3 bidang permukaan yaitu pada permukaan atas terluar sebanyak 4 titik, pada bidang miring sebanyak 4 titik dan pada permukaan bawah sebanyak 4 titik. Empat (4) titik tersebut diwakili oleh titik A, B, C dan D, sehingga total pengujian untuk Mold dan Dies sebanyak 14 titik. Adapun langkah-langkah pengujiannya sebagai berikut :

1. Menyiapkan dan mengalibrasi alat uji kekasaran permukaan Mitutoyo SJ-310 sesuai dengan angka blok standard ISO 1997 dengan nilai ra 0.94.
2. Menyiapkan spesimen mold dan dies yang akan diuji kekasaran permukaannya.
3. Menempatkan stylus alat uji pada permukaan mold dan dies.
4. Menempatkan Stylus ke titik yang akan diuji dimulai dari titik 1 sampai 4.
5. Memulai sesi uji kekasaran seiring dengan pergerakan stylus
6. Pencetakan data hasil pengujian kekasaran permukaan.
7. Pengulangan langkah 1 sampai dengan 6 untuk setiap titik pengujian.

2.8 Diagram Alir Penelitian

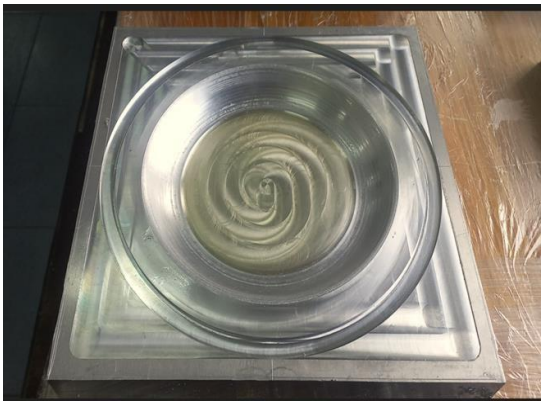
Secara umum pentahapan penelitian fabrikasi Mold dan Dies menggunakan mesin CNC VMC-50E mengikuti bagan diagram alir sebagaimana ditunjukkan gambar 3.

Gambar 3. Diagram alir penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Produk Mold dan Dies

Mold dan Dies yang dihasilkan dengan pengerjaan pemesinan menggunakan mesin milling VMC 50E memiliki keakuratan dan kepresisian dimensi sesuai dengan gambar desain yaitu dengan diameter luarnya Ø 260 mm, diameter dalamnya Ø 200 mm dan dengan kedalamnya 20 mm dengan radius sisi adalah 10 mm serta sudut kemiringannya 45^0 (Gambar 4 dan 5).



Gambar 4. Produk Mold

Gambar 5. Produk Dies

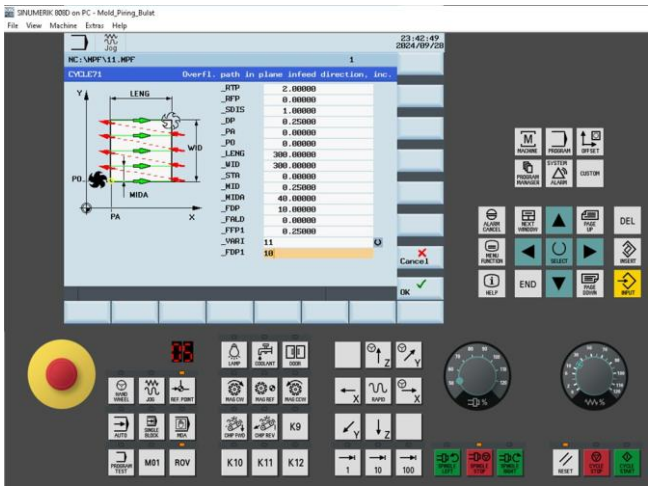
Keakuratan dimensi ini menunjukkan bahwa proses pemesinan dilakukan dengan baik, mengikuti desain yang telah ditentukan. Dimensi yang tepat sangat krusial dalam aplikasi industri, terutama dalam pembuatan komponen yang memerlukan toleransi ketat. Dengan pencapaian ini, mold dan dies yang dihasilkan tidak hanya memenuhi standar kualitas, tetapi juga berkontribusi pada efisiensi dan efektivitas proses produksi.

Hasil ini menegaskan pentingnya pemilihan mesin CNC dan teknik pemesinan yang tepat untuk mencapai kualitas produk yang diinginkan, serta dapat dijadikan referensi untuk penelitian lebih lanjut dalam bidang teknik pemesinan dan manufaktur.

3.2 Pemograman NC-Code Mold dan Dies

Pemograman *NC-Code* dilakukan menggunakan *software Sinumerik* 808D On Pc 46 dengan metode absolute (Gambar 6). Program NC dibagi menjadi empat bagian yaitu; *facing* untuk pemakanan permukaan material supaya menjadi rata, *roughing* untuk pemakanan kasar dengan *pocket* melingkar dan *island,* dan *finishing* untuk menghaluskan permukaan dan memberikan bentuk produk sesuai dengan dimensi gambar teknik.

Pembuatan program *NC-code* untuk *facing* dengan pemilihan pahat *facing* berdiameter Ø45 mm dan memasukkan diameter benda kerja 300 mm x 300 mm. Putaran spindle diset 1000-5000 rpm dan feedingrate 40 mm/min. Proses pemakanan untuk *facing* dilakukan secara bertahap dari kedalaman 0.25 mm hingga 1 mm. Pemograman ini tersedia sebagai siklus 71 *(Cycle71)* pada *software Sinumerik.*



Gambar 6. Tampilan s*oftware* Sinumerik 808D On Pc 46

Pemograman untuk pemakanan kasar *(roughing)* menggunakan pahat HSS *endmill* diameter Ø20 mm dengan siklus pemakanan *pocket* melingkar secara bertahap dengan setting kedalaman pemakanan per siklus 1 mm. Putaran spindle diset 5000 rpm dan feedingrate 250 mm/min.

Proses *finishing* pembuatan program NC-code dengan penyetelan pahat HSS ballmill diameter Ø20 mm dengan radius 10 mm. Putaran spindle diset 5000 rpm dan feedingrate 250 mm/min dengan kedalam per siklus melingkar bidang X-Y 1 mm.

3.3 Simulasi NC-Code

Simulasi program NC sebelum eksekusi fisik sangat penting untuk mengidentifikasi potensi kesalahan atau masalah dalam program. Simulasi ini membantu memastikan bahwa jalur pemotongan yang dihasilkan tidak menabrak material atau bagian mesin, memverifikasi bahwa parameter pemesinan seperti kecepatan dan kedalaman potong telah diatur dengan benar dan akan mengoptimalkan waktu siklus dan efisiensi proses. Proses simulasi ini dipastikan dilakukan dalam keadaan mesin tidak aktif, sehingga tidak ada risiko kerusakan pada peralatan atau material benda kerja.

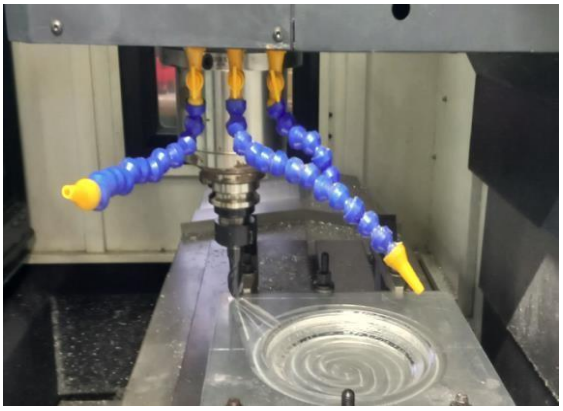
Gambar 7. Simulasi NC-Code *Sinumerik* 808D On Pc 46

Proses simuasi program NC untuk Mold dan Dies yang telah dibuat dilakukan secara langsung pada controller Siemen Sinumerik 808D milling dengan pemilihan menu *real simulation* (gambar 7). Jika sudah dipastikan bahwa hasil simulasi benar-benar sudah valid, maka selanjutnya dapat dilakukan.

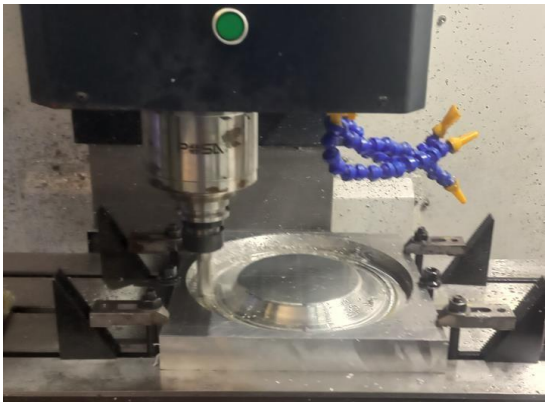
3.4 Proses Manufaktur Mold dan Dies

Proses fabrikasi mold dan dies menggunakan mesin CNC Aciera VMC 50E yang mengggunakan controller Siemen Sinumerik 808D. Perhitungan parameter pemesinan yang meliputi kecepatan potong (Vc), kecepatan putaran mesin (rpm), kecepatan pemakanan (Vf) dan kedalaman pemotongan (depth of cut) merupakan syarat wajib sebelum proses machining dilakukan.

Perhitungan parameter pemesinan ini harus berdasarkan material yang akan dimachinning dan material pahat yang digunakan serta besaran diameter pahat yang dipakai. Oleh karena menggunakan pahat HSS *endmill* dan *ballmill* dengan diameter Ø20 mm dan raw materialnya adalah Aluminium maka kecepatan makannya dipilih 250 mm/min, putaran spindelnya 5000 rpm dan kedalaman pemakanan 1 mm. Parameter pemesinan ini hanya sesuai untuk mesin-mesin CNC milling. Gambar 8 dan 9 mengilustrasikan proses manufaktur untuk Mold dan Dies.



Gambar 8. Proses manufaktur Mold



Gambar 9. Proses manufaktur Dies

Tabel 1 menginformasikan bahwa Kecepatan Pemotongan dan Feedrate yang digunakan adalah sama yaitu 5000 mm/min dan 250 mm/min. hal ini dimungkinkan oleh material yang digunakan untuk mold dan dies adalah sama dan strategi pemakanan juga sama serta diameter pahat dan bahan pahat juga sama.

Tabel 1. Hasil pengukuran waktu proses pemesinan

No	*Cutting speed (mm/min)*	*Feedrate (mm/min)*	*Depth of cut (mm)*	*Face (min)*	*Rough (min)*	*Finish (min)*	*Total (min)*
A	5000	250	1	30	260	375	665
B	5000	250	1	30	370	350	750

Proses pembuatan mold (A) menunjukkan efisiensi yang lebih tinggi dengan total waktu pemesinan 665 menit, dibandingkan dengan 750 menit untuk Proses pembuatan Dies (B). Pada fase pemesinan kasar, Proses pembuatan Mold lebih cepat (260 menit) dibandingkan dengan Proses pembuatan dies (370 menit), sedangkan untuk fase penyelesaian, waktu untuk Proses pembuatan Mold (375 menit) sedikit lebih lama daripada Proses pembuatan Dies (350 menit), hal menunjukkan bahwa untuk pembuatan dies terjadi lebih banyak pemakanan dibandingkan pada proses pembuatan Mold..

Tabel 2. Hasil pengukuran waktu non produktif

No	CAD	Pembuatan program NC	Simuasi Program NC	Clamping	Setting Benda kerja	Setting Pahat	Total
A	45	55	30	30	15	5	180
B	50	60	45	30	15	5	205

Tabel 2 menjelaskan bahwa waktu non-produktif untuk mold lebih rendah dibandingkan dengan waktu mol yaitu 180 menit atau 3 jam, sedangkan untuk dies adalah 205 menit atau 3,42 jam. Perbedaan waktu ini dimungkinkan oleh kerumitan kontur dies dan banyaknya jumlah pemakanan sehingga terjadi selisih waktu hingga 25 menit. Total waktu yang dibutuhkan untuk fabrikasi mold adalah 845 menit (14.08 jam) dan dies 955 menit (15.92 jam). Sehingga total waktu yang dibutuhkan untuk fabrikasi Mold dan Dies adalah 1800 menit atau 30 jam.

3.5. Pengujian Kekasaran

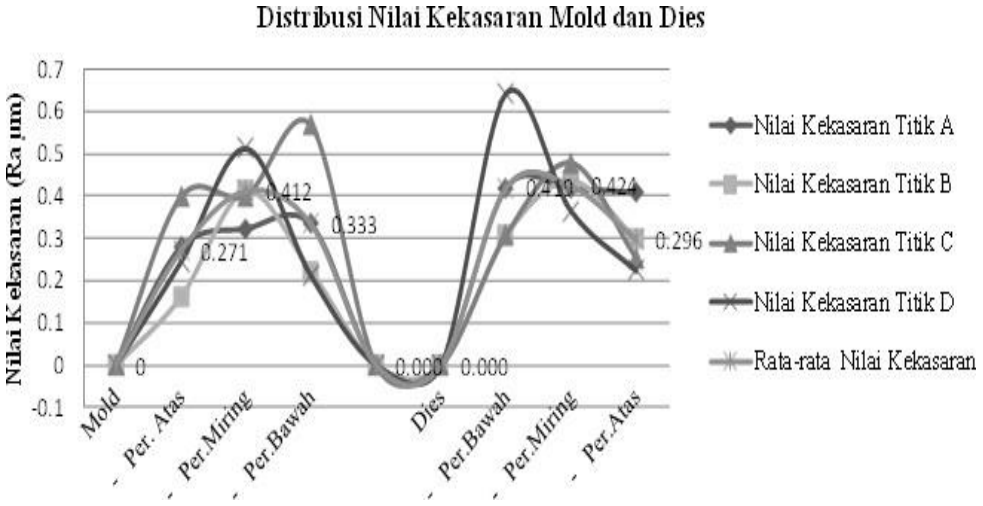
Pengujian kekasaran *(Surface Ruoghness Tester)* dari produk Mold dan Dies hasil fabrikasi mesin milling VMC 50E seperti yang tercantum dalam tabel 3. Gambar 10 menggambarkan distribusi nilai kekasaran permukaan dari Mold dan Dies untuk setiap titik pengujian (Titik A, B, C dan D). Titik A adalah posisi pada 0^0 lingkaran Mold dan Dies, Titik B posisi pada 90^0, Titik C pada posisi 180^0 dan Titik D posisi pada 270^0. Penentuan posisi ini didasarkan pada siklus perjalanan mata pahat dimana mata pahat akan melakukan proses pemakanan untuk satu kali perintah pemakanan melingkar adalah pada sudut 90^0. Pengujian ini mengacu kepada standard ISO 1997 dengan kalibrasi Blok Ra 2.94 µm Rmax 366 µin dan Ry 9.3 µm. Hasil kalibrasi Blok diperoleh hasil Ra 2.930 µm, Rq 3.253 µm, dan Rz 9.406, sehigga proses kalibrasi dianggap valid.

Tabel 3. Hasil pengujian Rata-rata nilai dan tingkat kekasaran permukaan Mold dan Dies

Sampel	Rata-rata Nilai Kekasaran (Ra µm)	No. Tingkat Kekasaran (µm Ra)	Toleransi *N*±
Mold			
- Per. Atas	0.271	N5	0.2 – 0.4
- Per.Miring	0.412	N6	0.4 – 0.8
- Per.Bawah	0.333	N5	0.2 – 0.4

Dies			
- Per.Bawah	0.419	N6	0.4 – 0.8
- Per.Miring	0.424	N6	0.4 – 0.8
- Per.Atas	0.296	N5	0.2 – 0.4

Tabel 3 mengilustrasikan bahwa bahwa produk mold mencapai nilai kekasaran yang memenuhi standar N5 untuk permukaan atas dan bawah. Permukaan miring mold dan dies dengan tingkat kekasaran N6, sehingga secara keseluruhan nilai kekasarannya adalah 0.359 µm Ra pada tingkat kekasaran N5. Produk dengan tingkat kekasaran N5 merupakan produk kategori kualitas permukaan tinggi dengan permukaan yang halus, licin dan terhindar dari cacat pemesinan.



Gambar 10. Grafik Distribusi nilai kekasaran untuk setiap titik pengujian Permukaan Mold dan Dies

Gambar 10 menggambarkan bahwa distribusi rata-rata nilai kekasaran Mold untuk permukaan atas, permukaan miring dan permukaan bawah masing-masing 0.271 µm Ra, 0.412 µm Ra, dan 0.333 µm Ra. Gambar juga menginformasikan bahwa distribusi rata-rata nilai kekasaran Dies untuk permukaan atas 0.419 µm Ra, permukaan miring 0.424 µm Ra, dan permukaan bawah 0.296 µm Ra. Grafik menunjukkan sebaran nilai kekasaran untuk permukaan miring untuk Mold dan Dies dengan tren yang tinggi dan fluktuatif. Hal ini dimungkinkan karena sisi miring 45^0 pada proses pemesinan dengan mesin VMC 50E menggunakan strategi pemakanan melingkar bidang X-Y yang menggunakan pahat ballmill dengan radius cutter 10 mm. Fenomena ini memungkinkan diatasi dengan strategi pemakanan bidang Z-X atau bidang Z-Y secara melingkar sebagai penelitian lebih lanjut.

Kekasaran permukaan mold dan dies memiliki pengaruh signifikan terhadap distribusi temperatur selama pemanasan. Permukaan yang lebih kasar dapat meningkatkan area kontak, memungkinkan lebih banyak gesekan dan mengakibatkan pemanasan yang tidak merata. Hal ini dapat menyebabkan titik panas lokal yang berisiko merusak material. Sebaliknya, permukaan yang lebih halus cenderung memfasilitasi aliran panas yang lebih baik dan merata, mengurangi kemungkinan terjadinya thermal stress. Dalam aplikasi industri, kontrol terhadap kekasaran permukaan ini penting untuk menjaga stabilitas temperatur dan meningkatkan umur pakai mold dan dies. Permukaan Mold dan Dies yang halus akan sangat memudahkan pelepasan produk dari Mold, mempercepat proses produksi dan mengurangi risiko kerusakan, mengurangi keausan pada mold, memperpanjang umur pakai mold.

4. KESIMPULAN

1. Pelepah daun Pinang memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan sebagai produk ramah lingkungan, seperti piring, yang dapat memberikan nilai tambah bagi petani di Provinsi Aceh yang memiliki area perkebunan pinang sangat luas.
2. Proses fabrikasi Mold dan Dies untuk produk pencetakan piring dari pelepah Pinang yang menggunakan mesin milling CNC VMC 50E yang dilengkapi dengan *software controller* Sinumerik 808D menunjukkan hasil yang akurat dan sesuai dengan desain yang diinginkan. Dimensi mold dan dies yang dihasilkan memenuhi spesifikasi desain, yaitu diameter luar Ø260 mm dan kedalaman 20 mm.
3. Proses fabrikasi Mold dan Dies telah berhasil dilakukan dengan menunjukkan efisiensi yang baik dengan total waktu pemesinan yang lebih rendah untuk Mold dibandingkan Dies. Total waktu yang dibutuhkan untuk fabrikasi Mold dan Dies adalah 1800 menit atau 30 jam.
4. Hasil pengujian kekasaran permukaan menunjukkan bahwa Mold mencapai tingkat kekasaran N5, sedangkan Dies sebagian besar berada pada tingkat kekasaran N6. Permukaan yang halus ini penting untuk meningkatkan efisiensi proses produksi dan umur pakai Mold dan Dies, karena kekasaran permukaan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap distribusi temperatur selama pemanasan Dies pada saat proses pencetakan piring. Permukaan yang lebih kasar dapat meningkatkan area kontak, memungkinkan lebih banyak gesekan dan mengakibatkan pemanasan yang tidak merata.
5. Penelitian ini membuka peluang untuk eksplorasi lebih lanjut dalam desain Mold dan Dies, serta pengembangan strategi pemakanan yang lebih efisien untuk meningkatkan kualitas pemesinan pada permukaan miring.
6. Secara keseluruhan, hasil penelitian ini dapat dijadikan referensi dalam pengembangan produk berbasis pelepah Pinang dan optimalisasi proses manufaktur menggunakan teknik pemesinan modern.

5. SARAN

Penelitian ini hanya menitik beratkan pada proses fabrikasi Mold dan Dies saja, saran untuk penelitian lanjutan dan pengembangan diharapkan lebih fokus pada pengaturan temperature pengepresan secara otomatis pada dies dan aplikasi pengepresesan berbasis PLC.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktur Politeknik Negeri Lhokseumawe, P3M, Ketua Jurusan Teknik Mesin dan Kasie Laboratorium CNC-CAD/CAM-CAE beserta PLP Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Dinas Pertanian dan Perkebunan Aceh, “Statistik Perkebunan Aceh 2022.” pp. 64–65, 2022.
[2] Yernisa and O. Fera, “Pemanfaatan Pelepah Pohon Pinang Menjadi Wadah Sekali Pakai (disposable plates) sebagai Alternatif Wadah Ramah Lingkungan,” Pros. Semin. Nas.

Fak. Pertan. Univ. Jambi, pp. 288–296, 2018, [Online]. Available: http://conference.unja.ac.id/SemnasSDL/article/view/39

[3] P. Poddar, M. Asadulah Asad, M. Saiful Islam, S. Sultana, H. Parvin Nur, and A. M. S. Chowdhury, "Mechanical and Morphological Study of Arecanut Leaf Sheath (ALS), Coconut Leaf Sheath (CLS) and Coconut Stem Fiber (CSF)," Adv. Mater. Sci., vol. 1, no. 2, 2016, doi: 10.15761/ams.1000112.

[4] "Mengenal piring pelepah pinang yang ramah lingkungan - ANTARA News." https://www.antaranews.com/berita/2354230/mengenal-piring-pelepah-pinang-yang-ramah-lingkungan (accessed Mar. 07, 2023).

[5] R. Nikhil et al., "Design and development of solar/LPG powered areca-nut leaf plate press machine and areca leaf sheath-solar dryer," Mater. Today Proc., vol. 5, no. 11, pp. 24541–24547, 2018.

[6] P. Kalita, U. S. Dixit, P. Mahanta, and U. K. Saha, "A novel energy efficient machine for plate manufacturing from areca palm leaf sheath," 2008.

[7] K. A. Patidar, R. Parwani, S. P. Wanjari, and A. P. Patidar, "Various terminologies associated with areca nut and tobacco chewing: A review," J. oral Maxillofac. Pathol. JOMFP, vol. 19, no. 1, p. 69, 2015.

[8] S. Hafids and Y. Yernisa, "PENGEMBANGAN ALAT PENCETAK PIRING PELEPAH PINANG (Areca catechu L.) DENGAN MENGGUNAKAN METODE QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT," J. Ilm. Rekayasa Pertan. dan Biosist., vol. 8, no. 2, pp. 236–243, 2020, doi: 10.29303/jrpb.v8i2.185.

[9] I. Ramli and A. Achmad, "RANCANG BANGUN DAN PENGUJIAN ALAT HOT PRESS PELEPAH," vol. 3, pp. 468–474, 2022.

[10] S. Kurniawan, M. Isnen, A. Setiawan, and I. W. Legi, "Pengaruh Tempe ratur dan Lama Waktu Pengepresan Alat Hot Press Pelepah Daun Pinang," J. Inov., vol. 1, no. 2, pp. 14–17, 2018, doi: 10.37338/ji.v1i2.30.

[11] B. Santoso, "Pembuatan Alat Press Piring Upih Pinang Untuk Meningkatkan Perekonomian Masyarakat Komunitas Disabilitas Kabupaten Bengkalis," vol. 2, no. November, pp. 128–133, 2021.

[12] D. Djuhana and A. D. Yulianto, "Plate Mold dengan Software Simulasi (Solidworks 3D)," Pist. J. …, vol. 3, no. 2, pp. 6–16, 2020, [Online]. Available:http://openjournal.unpam.ac.id/index.php/Piston/article/view