

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

Untuk mendapatkan produk pemesinan pada mesin CNC yang berkualitas dibutuhkan studi eksperimental penentuan parameter pemesinan yang optimal. Parameter pemesinan yang mempengaruhi kualitas pengerjaan pada mesin CNC *milling* berupa *feeding*, *spindle speed*, *toolpath strategy*, *raw material*, *tooling* desain, *coolant*, dan lain-lain. Pada penelitian ini akan dibahas mengenai optimalisasi parameter pemesinan pada pengerjaan produk *velg* Daihatsu Siga. Berikut ini akan dijelaskan beberapa telusuran pustaka yang berkaitan dengan optimalisasi proses pemesinan produk pada mesin CNC.

2.1. Penelitian Terdahulu

Adriano Fagali de Souza (2014) membahas tentang *mold* manufaktur yang mempunyai pengaruh langsung terhadap *lead time*, biaya dan kualitas dari produk plastik. Untuk mengerjakan *mold* tersebut melalui proses *milling*, namun dalam hasilnya *mold* harus memiliki kekasaran permukaan yang halus dimana kekasaran tersebut biasanya dicapai dengan *finishing* menggunakan tangan atau manual. Kemudian beliau melakukan penelitian mencapai *finishing* yang halus dengan mesin CNC HSM dengan di bantu oleh pemilihan *toolpath strategy* yang tepat dan optimal. Sehingga hasil dari penelitiannya menunjukkan bahwa strategi *toolpath* memiliki pengaruh yang besar pada waktu *milling* sebenarnya, kekasaran permukaan, dan waktu *finishing* tangan dan juga menunjukkan parameter kekasaran tradisional tidak cukup untuk mengukur kekasaran dalam beberapa aplikasi.

Penelitian Sari (2010) membahas tentang perbandingan simulasi pengerjaan pemesinan antara penggunaan *PowerMILL* 8.0 dan *CATIA* V5R10. Sari melakukan penelitiannya di PT. Mekar Armada Jaya (MAJ) yang memiliki permasalahan seringnya tabrakan antara *cutter* dengan benda kerja yang diakibatkan karena kesalahan operator dalam pengoperasian CAD/CAM di perusahaan tersebut. Sari membandingkan hasil *machining* pada produk *Lower Die Draw* dengan menggunakan *CATIA* V5R10 dan *CAM PowerMILL*. Hasil dari penelitian ini adalah berupa perbandingan hasil pemesinan dan validasi NC Program.

Penelitian Jimmy (2011) membahas tentang optimalisasi *toolpath strategy* untuk produk *seat grip* dan *pootrest grip* yang dikerjakan oleh PT. KJS, Bekasi. Optimalisasi *toolpath strategy* digunakan untuk memperoleh verifikasi *machining strategy* yang sesuai dengan permintaan *customer* menggunakan *Vercut 7.1.1* dan memperoleh waktu aktual yang dibutuhkan untuk pemesinan 2 produk tersebut di mesin CNC. Hasil dari penelitian ini adalah *prototype seat grip* dan *pootrest grip* yang sesuai dengan permintaan *customer*.

Penelitian Anggoro dan Yuniarto (2012) membahas tentang simulasi pemesinan *prototype* konstruksi *mold base Honda Freed Mirror* dengan material ebalta. Pada penelitian ini menggunakan *software PowerSHAPE 2012* dan *PowerMILL 2012* untuk membuat simulasinya. *Brainstorming* digunakan untuk memperoleh ide tentang *toolpath strategy*. *Output* yang dihasilkan dari penelitian ini adalah *strategy* pemesinan yang optimal untuk *prototype* konstruksi *mold base Honda Freed Mirror*.

Penelitian Herdiawan (2013) membahas tentang optimalisasi penggunaan mesin CNC YCM EV1020A untuk menghasilkan *prototype core cavity* blok mesin, kepala budha, *core cavity* prambanan dan cetakan menara kudus. Permasalahan pada penelitian ini adalah terbatasnya material yang dapat dikerjakan oleh mesin *Rolland Modela MDX 40R*. Penelitian ini mengoptimalkan *toolpath strategy* sehingga menghasilkan produk berbahan ebalta dan alumunium yang optimal.

Penelitian Edwin (2014) membahas tentang pengaplikasian *New High Speed Machining Roughing Strategy* pada mesin CNC YCM EV1020A yang ada di Laboratorium Proses Produksi Universitas Atma Jaya Yogyakarta dengan *software PowerSHAPE 2014* dan *PowerMILL 2014*.

Penelitian Nyoman (2015) membahas tentang pengerjaan master produk artistik dengan material logam alumunium. Produk artistik yang dikerjakan berupa gantungan kunci yang memiliki kontur *relief* prambanan, ratu boko, klenteng magelang, dan produk hiasan dinding dengan *relief* katedral dan lawang sewu. Pengerjaan master produk tersebut menggunakan *PowerSHAPE 2014* dan *PowerMILL 2014* dengan menggunakan mesin CNC YCM EV1020A serta menggunakan strategi pemesinan terbaru dari *PowerMILL* yaitu *Vortex Strategy Machining*. Hasil master artistik berbahan logam alumunium yang mempunyai kontur *relief*.

Penelitian Dika (2016) membahas tentang mengoptimalkan parameter proses *machining* mesin CNC YCM EV1020A terhadap material S45C dan mengetahui factor-faktor yang dapat mempengaruhi kualitas permukaan sehingga hasil dari pemesinan dapat maksimal dari segi kehalusan permukaan dan waktu proses. Pada penelitian ini menggunakan *software PowerSHAPE 2014* dan *PowerMILL 2014* dengan menggunakan mesin CNC YCM EC1020A yang dimiliki oleh Laboratorium Proses Produksi Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Berdasarkan telusuran diatas masih sedikit penelitian yang membahas tentang optimalisasi proses pemesinan pada produk industri manufaktur dengan menggunakan mesin CNC di bawah standart HSM. Hal ini mendukung perlunya penelitian ini dilakukan untuk melihat kemampuan CNC YCM EV1020A.

2.2. Penelitian Sekarang

Penelitian sekarang dan yang terdahulu memiliki perbedaan yang terletak pada mendapatkan parameter yang optimal untuk proses pemesinan produk otomotif yang menggunakan material S45C. Material S45C biasa digunakan pada *standard mold base* pada perusahaan perusahaan *mold*. Pada penelitian ini akan menggunakan *software Delcam* rilis terbaru yaitu *PowerSHAPE 2016* dan *PowerMILL 2016*. Penelitian akan membahas pengaturan parameter *tool reference* pada *toolpath corner finishing* terhadap hasil pemesinan pada bagian *corner* dengan waktu pemesinan yang paling cepat dan hasil yang halus serta tidak bertingkat menggunakan mesin CNC YCM EV1020A. Mesin CNC yang digunakan merupakan kelas *Middle Speed Machine* maka dari itu menggunakan kecepatan maksimum saat pengerjaan *corner finishing* agar hasil dari pemesinan nantinya mendekati seperti hasil *High Speed Machining*. Hasil akhir penelitian ini diharapkan bisa menjadi *toolpath corner finishing* acuan terhadap pengerjaan *mold* suku cadang otomotif pada bagian *corner* yang bertingkat maupun tidak halus.

2.3. Dasar Teori

2.3.1. Mesin Milling

Mesin *milling* merupakan mesin perkakas yang sering digunakan pada dunia industri. Mesin *milling* berfungsi untuk meratakan permukaan benda kerja atau bentuk-bentuk lain (profil, radius, silindris, dan lain-lain) yang diinginkan dengan ukuran dan kualitas permukaan yang sudah ditentukan. Prinsip kerja dari mesin *milling* adalah benda kerja diam ditempat yang dicekam oleh ragum dengan meja

milling yang bergerak menuju *cutter* atau alat potong yang berputar pada porosnya. Gerakan meja pada mesin *milling* ada 3, yaitu:

a. Gerakan Utama

Gerakan *cutter* yang berputar pada *spindle* mesin *milling*. Satuan yang digunakan dalam gerakan utama ini adalah RPM (*Rotation per Minute*) dengan simbol "n".

b. Gerakan Pemakanan (*Feeding*)

Gerakan benda kerja pada waktu proses pemotongan oleh *cutter*. Satuan yang digunakan dalam gerakan pemakanan ini adalah mm/menit (milimeter per menit) dengan simbol "s".

c. *Depth of Cut*

Depth of Cut atau DOC merupakan gerakan memasukkan kedalam pemakanan *cutter* terhadap benda kerja. Satuan yang digunakan dalam DOC adalah mm (milimeter) dengan simbol "a" atau "t".

Mesin *milling* juga memiliki 2 prinsip pemotongan, yaitu:

i. Pemotongan *Face Cutting*

Pemotongan *face cutting* adalah pemotongan benda kerja dengan menggunakan sisi potong bagian muka (*face*) pada *cutter*.

ii. Pemotongan *Side Cutting*

Pemotongan *side cutting* adalah pemotongan benda kerja yang menggunakan sisi potong bagian samping pada *cutter*. Dimana pemotongan *side cutting* dibedakan menjadi 2, yaitu:

a. Pemotongan *Climb*

Pemotongan *climb* merupakan pemotongan benda kerja dengan arah putaran arah *cutter* searah dengan arah gerakan pemakanan benda kerja yang berada di atas meja mesin *milling*.

b. Pemotongan *Conventional*

Pemotongan *conventional* merupakan pemotongan benda kerja dengan arah putaran *cutter* berlawanan arah dengan arah gerakan pemakanan benda kerja yang berada di atas meja mesin *milling*.

2.3.2. Material S45C

Material S45C merupakan salah satu jenis baja *machinery steel* yang tergolong dalam *medium carbon steel*. Material S45C memiliki sifat keras, tahan aus, tahan beban puntir dan ulet karena material S45C memiliki kandungan *carbon*, *mangan*, dan *silizum*. Material S45C sering digunakan untuk membuat beberapa komponen mesin seperti *gear*, *shaft*, *coupling*, *pulley*, *standard mold base*, dan komponen lainnya.

2.3.3. Numerical Control (NC)

Numerical Control (NC) adalah suatu bentuk dari sistem terotomasi yang menggunakan *variable input* untuk mengontrol jalannya peralatan produksi. *Variable input* yang dimaksud berupa serangkaian kode yang berisi angka, huruf dengan simbol yang mendefinisikan sebuah program instruksi untuk menjalankan suatu pekerjaan. Perubahan instruksi tersebut akan berubah sesuai dengan perubahan yang terjadi pada suatu pekerjaan. Kemampuan NC untuk merubah program sesuai dengan pekerjaan menyebabkan NC cocok digunakan untuk produksi dengan volume rendah dan sedang. Aplikasi dari NC terbagi dalam dua kategori, yaitu:

- a. Aplikasi pada *machine tool*, seperti pada mesin *drill*, mesin *milling*, mesin *turning* dan mesin-mesin perkakas lainnya.
- b. Aplikasi pada *nonmachine tool*, misalnya pada *assembly*, *drafting*, dan inspeksi.

Komponen utama dalam sistem *Numerical Control* (NC) adalah program instruksi *machine control unit* dan peralatan produksi. Program instruksi merupakan detail tiap langkah perintah yang ditujukan untuk menjalankan mesin. Program instruksi ini berupa kode-kode. *Machine control unit* (MCU) terbagi menjadi dua elemen, yaitu *data processing unit* (DPU) dan *control loops unit* (CLU). Dimana DPU memproses kode-kode program instruksi dan memberikan informasi operasi ke CLU. Kemudian CLU mengoperasikan mekanisme gerakan mesin, menerima sinyal *feedback* dari proses aktual dan memberitahukan ketika sebuah operasi telah selesai dikerjakan. Peralatan produksi, yaitu mesin-mesin yang digunakan adalah komponen pokok ketiga dari suatu *system* NC.

2.3.4. Computer Numerical Control (CNC)

Computer Numerical Control atau CNC adalah hasil perkembangan dari *Numerical Control* atau NC. CNC merupakan peralatan elektromekanikal yang membaca dan menginstruksikan program instruksi dan mengubah menjadi tindakan mekanikal pada peralatan mesin dengan menggunakan *microprocessor* sebagai unit pengontrol.

Mesin-mesin perkakas yang menggunakan CNC disebut dengan mesin CNC. Untuk mengoperasikannya diperlukan *software*, yang dimana kegunaan *software* itu untuk *operating system* menginterpretasikan program korespondensi antara control mesin. *Machine interface* mengoperasikan *link* antara NC dan membangkitkan sinyal dengan *drive* dari *software* digunakan untuk komputer dan mesin CNC sehingga mesin dapat beroperasi. Mesin CNC terhubung dengan komputer, tidak hanya untuk memungkinkan operator dalam menjalankan program tetapi juga memodifikasi program tersebut, baik setelah diinputkan atau dijalankan.

2.3.5. Mesin Milling CNC

Mesin-mesin produksi saat ini sudah berkembang sesuai dengan tuntutan produksi yang semakin meningkat, salah satunya adalah mesin *milling* berbasis CNC. *Input* yang digunakan untuk menjalankan mesin *milling* CNC adalah program *Numerical Control*, program ini berupa serangkaian kode-kode yang dinamakan *G-Code*. Mesin *milling* CNC dilengkapi dengan *Operating Panel* untuk memasukkan perintah *G-Code*, selain itu terdapat *main drive* yang berupa motor DC.

2.3.6. Delcam

Delcam merupakan perusahaan penyedia *software* CAD/CAM. Produk *software* CAD/CAM milik Delcam mampu memberi solusi untuk desain produk di dunia industri manufaktur. Delcam secara resmi berdiri pada tahun 1977, dimana pengembangan pertama kali dilakukan di Cambridge University, Inggris. Pada saat ini Delcam menjadi perusahaan pengembang terbesar *software* perancangan produk dan manufaktur di Inggris yang memiliki cabang-cabang perusahaan di Amerika, Eropa dan Asia. *Software* Delcam sudah dipakai oleh lebih dari 15000 perusahaan dan organisasi yang tersebar di 80 negara. Delcam merupakan perusahaan penyedia perangkat lunak yang memberikan solusi paling lengkap, termasuk menyediakan apa yang dibutuhkan oleh konsumen

untuk mendapatkan sumber daya yang spesifik dan dalam hubungan *template*, *macos*, dan *visual basic programming*, atau sebuah kumpulan produk yang berdiri sendiri yang terbaik dikelasnya. Delcam dapat menjadikan suatu desain yang meliputi sistem manufaktur perusahaan secara kontinyu. Ini merupakan suatu hal baru di bidang CAD/CAM yang mana akan menggantikan *software* dibidang CAD/CAM yang sudah *using* sebagai *alternative*. Delcam juga menyediakan program individual untuk perusahaan yang ingin meningkatkan performa *system* yang ada atau untuk menghilangkan *bottlenecks* di dalam proses desain dan manufaktur.

Produk Delcam yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

1. PowerSHAPE 2016

Software PowerSHAPE merupakan *software* CAD dari Delcam yang menyediakan “Lingkungan” untuk menjadikan ide-ide produk dari konsep menjadi kenyataan. *PowerSHAPE* menawarkan kebebasan untuk memanipulasi bentuk permukaan dari model CAD, untuk membangun dari *wireframe* dan membuat perubahan menyeluruh dengan fitur operasi *solid* dan *editing*. *PowerSHAPE* mengikuti filosofi “*simple to create, easy to modify*”. *PowerSHAPE* mencakup semua inti alat untuk pemodelan dan juga sejumlah fitur yang difokuskan khususnya untuk kebutuhan para desainer.

2. PowerMILL 2016

PowerMILL 2016 memiliki apa yang dibutuhkan untuk mengerjakan proses pemesinan yang paling rumit sekalipun. Pada *PowerMILL* 2016 memperkenalkan proyek *mirroring* untuk mengurangi waktu pemrograman bagian kanan dan bagian kiri. Perangkat tambahan difokuskan pada mesin agar lebih aman termasuk simulasi penggantian *cutter* dan tambahan opsi verifikasi tabrakan. Strategi *finishing* baru untuk pemesinan *blades* dan *ribs* memberikan kontrol yang lebih, selagi mengurangi program dan waktu siklus. *PowerMILL* dapat mengambil gambar dari *software* desain lain seperti IGES, STEP, Catia, UG, *ProEngineer*, Rhino, dan lain-lain dalam bentuk simulais pemesinan, *G-Code*, dan estimasi waktu pemesinan.

2.3.7. Perancangan Eksperimen

Dalam mempertahankan atau meningkatkan kualitas produk dibutuhkan pengukuran dan penentuan parameter-parameter terbaik atau optimal dengan melakukan perancangan eksperimen. Perancangan eksperimen itu sendiri

adalah suatu rancangan eksperimen (dengan tiap langkah tindakan yang betul-betul terdefiniskan) sedemikian sehingga informasi yang berhubungan dengan atau diperlukan untuk persoalan yang sedang diteliti dapat dikumpulkan (Sudjana, 1991). Perancangan eksperimen juga dapat diartikan suatu percobaan atau serangkaian percobaan dimana penyesuaian-penyesuaian tertentu dilakukan terhadap *variabel input* proses atau sistem, sehingga dapat diteliti dan diidentifikasi sebab-sebab perubahan dari *variabel output* (Montgomery, D.C., 1997).

Eksperimen merupakan tes atau sekumpulan tes yang membuat perubahan-perubahan yang berguna terhadap *variabel input* dari suatu proses atau sistem, sehingga dapat mengamati dan mengidentifikasi alasan-alasan perubahan tersebut yang dapat diamati pada respon *output*. Eksperimen memiliki peranan penting dalam perancangan produk baru, pengembangan proses manufaktur, dan peningkatan proses. Secara umum, eksperimen digunakan untuk mempelajari performansi proses dan sistem.

Tabel 2.1. Perbedaan Penelitian Terdahulu dan Penelitian Sekarang

| Deskripsi Peneliti | Objek Penelitian | Software yang digunakan | Prototype | Toolpath Strategy | Metode Penelitian | Output Penelitian |
|---------------------------------|---|-------------------------|-----------|---|---|--|
| Adriano Fagali de Souza 2014 | Menyelidiki efisiensi strategi <i>toolpath</i> yang berbeda untuk menyelesaikan <i>milling</i> dengan geometri yang kompleks, biasanya dihadapi dalam industri cetakan. | Delcam PowerMILL V8 | Ada | 3D Offset, Spiral, Radial path, Raster | Pengamatan kualitas permukaan, menghitung dan membandingkan total pemesinan dengan proses <i>polishing</i> pada masing-masing <i>toolpath</i> . | Hasil penelitian menunjukkan bahwa pilihan yang tepat dari <i>toolpath</i> dapat menghemat 88% dari waktu dan 40% dari biaya untuk evaluasi akhir cetakan, jika dibandingkan dengan pilihan yang kurang tepat. |

Tabel 2.1. Lanjutan Perbedaan Penelitian Terdahulu dan Penelitian Sekarang

| Deskripsi Peneliti | Objek Penelitian | Software yang digunakan | Prototype | Toolpath Strategy | Metode Penelitian | Output Penelitian |
|-----------------------|---|--------------------------------------|-----------|------------------------------------|---|--|
| Sari 2010 | Simulasi pemesinan, pemilihan cutter, <i>cutting method</i> dan perbandingan hasil pemesinan dan waktu dengan software CAM. | Delcam PowerMILL 7.0 dan CATIA V5R10 | Ada | 3D Offset dan Optimised Constant Z | Metode pemilihan berdasarkan waktu proses tercepat dan kualitas yang optimal menggunakan software Vericut 7.0 | Strategi pemesinan (<i>toolpath</i>) yang optimal untuk <i>prototype Lower Die Draw 52185</i> |
| Jimmy 2011 | Optimalisasi <i>toolpath strategy</i> untuk pengerjaan <i>seat grip</i> dan <i>footrest grip</i> . | Vericut 7.1.1 | Ada | 3D Offset dan Optimised Constant Z | <i>Prototype</i> produk <i>seat grip</i> dan <i>footrest grip</i> | <i>Prototype</i> produk <i>seat grip</i> dan <i>footrest grip</i> yang optimal dan sesuai permintaan <i>customer PT. KJS, Bekasi</i> |

Tabel 2.1. Lanjutan Perbedaan Penelitian Terdahulu dan Penelitian Sekarang

| Deskripsi Peneliti | Objek Penelitian | Software yang digunakan | Prototype | Toolpath Strategy | Metode Penelitian | Output Penelitian |
|------------------------------|--|------------------------------------|-----------|--|---|--|
| Anggoro dan Yuniarto 2012 | Simulasi pemesinan, <i>prototype</i> konstruksi <i>mold base</i> Honda Freed <i>Mirror</i> dengan menggunakan material ebalta. | PowerSHAPE 2012 dan PowerMILL 2012 | Ada | 3D <i>Offset</i> dan <i>Optimized Constant Z</i> | <i>Brainstorming</i> , Optimalisasi <i>toolpath strategy</i> dan eksperimen proses. Manufaktur digunakan untuk menentukan strategi pemesinan yang paling optimal. | Strategi pemesinan yang optimal untuk <i>prototype</i> konstruksi <i>mold base</i> Honda Freed <i>Mirror</i> . |

Tabel 2.1. Lanjutan Perbedaan Penelitian Terdahulu dan Penelitian Sekarang

| Deskripsi Peneliti | Objek Penelitian | Software yang digunakan | Prototype | Toolpath Strategy | Metode Penelitian | Output Penelitian |
|-----------------------|--|---|-----------|--|---|--|
| Herdiawan 2013 | Optimalisasi penggunaan mesin CNC YCM EV1020A untuk menghasilkan prototype ArtCAM dengan material aluminium. | PowerSHAPE 2012 dan PowerMILL 2012 | Ada | 3D Offset, Shade and shallow dan Optimizes Constant Z | Brainstorming, optimalisasi <i>toolpath</i> <i>strategy</i> dan eksperimen proses. Manufaktur digunakan untuk menentukan strategi pemesinan yang paling optimal. | <i>Prototype core cavity</i> blok mesin, kepala budha, <i>core cavity</i> prambanan dan cetakan menara kudus. |

Tabel 2.1. Lanjutan Perbedaan Penelitian Terdahulu dan Penelitian Sekarang

| Deskripsi Peneliti | Objek Penelitian | Software yang digunakan | Prototype | Toolpath Strategy | Metode Penelitian | Output Penelitian |
|--------------------|--|------------------------------------|-----------|--|---|--|
| Edwin 2014 | Simulasi pemesinan strategi konvensional dan <i>vortex</i> , kualitas permukaan <i>prototype</i> . | PowerSHAPE 2014 dan PowerMILL 2014 | Ada | 3D Offset, <i>Optimizes Constant Z</i> dan <i>Vortex</i> | Metode pemilihan berdasarkan waktu proses tercepat dan kualitas yang optimal menggunakan fasilitas simulasi <i>toolpath</i> pada software PowerMILL 2014. | Strategi pemesinan yang optimal dengan menggunakan strategi <i>vortex</i> pada <i>prototype headlamp</i> , <i>core dies</i> dan <i>cavity</i> biskuit. |

Tabel 2.1. Lanjutan Perbedaan Penelitian Terdahulu dan Penelitian Sekarang

| Deskripsi Peneliti | Objek Penelitian | Software yang digunakan | Prototype | Toolpath Strategy | Metode Penelitian | Output Penelitian |
|--------------------|--|------------------------------------|-----------|---|--|---|
| Nyoman 2015 | Optimalisasi penggunaan mesin CNC YCM EV1020A untuk menganalisis hasil master cetakan produk artistik dengan material aluminium. | PowerSHAPE 2014 dan PowerMILL 2014 | Ada | Vortex, Step and shallow finishing, 3D Offset Finishing | Brainstorming, optimalisasi toolpath strategy, cutter dan eksperimen proses manufaktur untuk menentukan strategi pemesinan yang paling optimal berbahan aluminium. | Strategi pemesinan yang optimal untuk mendapatkan master produk cetakan souvenir logam artistik berbahan aluminium. |

Tabel 2.1. Lanjutan Perbedaan Penelitian Terdahulu dan Penelitian Sekarang

| Deskripsi Peneliti | Objek Penelitian | Software yang digunakan | Prototype | Toolpath Strategy | Metode Penelitian | Output Penelitian |
|-----------------------|--|---|-----------|--|---|---|
| Dika 2016 | Optimalisasi parameter mesin CNC YCM EV1020A untuk menganalisa hasil produk packaging dengan material S45C | PowerSHAPE 2014 dan PowerMILL 2014 | Ada | Model Area Clearance, Strategy Steep and Shallow dan 3D Offset Finishing | Brainstorming, optimalisasi toolpath strategy, cutter dan eksperimen proses manufaktur untuk menentukan strategi pemesinan yang paling optimal berbahan S45C. | Strategi pemesinan yang optimal untuk mendapatkan kualitas permukaan produk packaging terbaik berbahan S45C. |

Tabel 2.1. Lanjutan Perbedaan Penelitian Terdahulu dan Penelitian Sekarang

| Deskripsi Peneliti | Objek Penelitian | Software yang digunakan | Prototype | Toolpath Strategy | Metode Penelitian | Output Penelitian |
|-----------------------|--|------------------------------------|-----------|---|---|--|
| Fifin 2017 | Optimalisasi parameter referensi tool pada corner finishing untuk model mold velg mobil berbahan S45C. | PowerSHAPE 2016 dan PowerMILL 2016 | Ada | Model Area Clearance, Steep and Shallow, Corner Finishing | Brainstorming, optimalisasi referensi tool pada corner finishing, eksperimen proses manufaktur untuk menentukan strategi yang optimal untuk bahan S45C. | Strategi pemesanan yang optimum untuk mendapatkan hasil corner tidak terlihat bertingkat pada mold velg mobil berbahan S45C. |