

Perancangan Ulang Proses Manufaktur Komponen *Collar Decomp* pada Sepeda Motor

Sri Raharno*, Yatna Yuwana M.**, Jeffry Aditya Cipta Wijaya**

Program Studi Teknik Mesin
Fakultas Teknik Mesin dan Dirgantara
Jln. Ganesa No. 10, Bandung 40132

E-mail: *harnos@ftmd.itb.ac.id, **yatna@ftmd.itb.ac.id, ***jeffry_aditya@hotmail.com

Abstrak

Collar decomp adalah komponen pada sepeda motor yang terletak pada bagian *handle lever*. Komponen ini berfungsi untuk menghindari gesekan langsung antara tuas rem tangan dengan pin yang terdapat pada *handle lever*. Saat ini di sebuah industri pembuat komponen sepeda motor, komponen ini diproduksi melalui proses pemesinan dan proses ekstrusi. Durasi yang dibutuhkan untuk proses tersebut adalah 41 detik untuk proses pemesinan dan 5 detik untuk proses ekstrusi di luar waktu yang dibutuhkan untuk proses persiapan. Selain itu proses pemesinan yang dilakukan juga akan menghasilkan geram sekitar 60% dari volume awal benda kerja. Laju produksi komponen ini setiap bulan mencapai lebih dari 100.000 buah. Secara umum kondisi ini menyebabkan proses manufaktur yang dipilih menjadi kurang efektif dan efisien untuk diterapkan, sehingga diperlukan alternatif proses yang sesuai untuk memproduksi komponen ini. Salah satu proses manufaktur yang dapat dijadikan sebagai alternatif adalah proses *forging*. Proses *forging* adalah proses pembentukan dengan memberikan gaya kompresi tinggi pada benda kerja yang menyebabkan terjadinya deformasi plastis sehingga logam mengalir mengisi rongga cetakan. Jika dibandingkan dengan proses pemesinan, proses *forging* memiliki beberapa kelebihan antara lain durasi proses yang lebih singkat, jumlah material yang terbuang rendah, ongkos per unit produk yang lebih rendah untuk produksi massal dan sifat mekanik produk yang dihasilkan lebih baik. Pada makalah ini akan diterangkan tentang studi kelayakan proses *forging* sebagai proses alternatif untuk pembuatan komponen *collar decomp*. Studi kelayakan ini mencakup simulasi proses *forging* dengan menggunakan metode elemen hingga serta perhitungan perkiraan ongkos dan waktu manufaktur. Termasuk dalam proses simulasi ini adalah analisis aliran material dalam rongga cetakan dan beban yang dibutuhkan dalam proses manufaktur ini. Berdasarkan proses simulasi yang dilakukan, diperoleh hasil bahwa komponen ini dapat dibuat dengan menggunakan proses *forging*. Hal ini ditandai dengan kondisi akhir rongga cetakan yang terisi penuh dan tanpa terjadi cacat pada produk. Waktu proses yang diperlukan untuk membuat satu buah komponen adalah enam detik dengan memperhitungkan waktu peletakan dan pengambilan komponen. Sedangkan ongkos produksi untuk proses *forging* ini sekitar 30% dari proses sebelumnya.

Keywords: perancangan ulang, proses manufaktur, *collar decomp*, proses *forging*, metode elemen hingga

Pendahuluan

Dewasa ini, perkembangan industri otomotif yang berlangsung begitu cepat menyebabkan timbul persaingan yang tinggi antar industri kecil yang memproduksi komponen-komponen otomotif terutama untuk komponen sepeda motor. Agar mampu bersaing, berbagai upaya perlu dilakukan oleh industri untuk menghasilkan produk yang berkualitas dengan ongkos manufaktur seminimal mungkin. Pemilihan proses manufaktur yang sesuai sangat penting untuk dapat mencapai hal tersebut.

Secara umum terdapat banyak metode manufaktur untuk memproduksi komponen otomotif. Salah satu jenis proses manufaktur yang banyak digunakan di industri pembuat komponen otomotif adalah proses *forging*. Pada proses

forging, produk dihasilkan dengan cara memberikan gaya kompresi tinggi pada benda kerja sehingga menyebabkan terjadi deformasi plastis pada benda kerja tersebut.

Berbeda dengan proses pemesinan, proses *forging* memerlukan cetakan (*die*) untuk membentuk produk. Untuk tingkat produksi tinggi, proses *forging* lebih cocok digunakan dibandingkan dengan proses pemesinan karena mempunyai ongkos manufaktur per produk relatif lebih rendah dan durasi produksi relatif lebih pendek. Untuk tingkat produksi rendah, proses *forging* tidak cocok digunakan karena mempunyai ongkos per produk relatif tinggi yang disebabkan adanya ongkos cetakan yang relatif tinggi. Hal inilah yang menjadi sebab pada penelitian ini alternatif proses manufaktur yang dipilih adalah proses *forging* untuk menggantikan proses pemesinan yang telah digunakan.

Secara umum, proses pembuatan produk dengan menggunakan proses *forging* akan dikatakan berhasil bila produk yang dihasilkan tidak mempunyai cacat, seperti retakan atau tidak sempurna (rongga cetakan terisi penuh) serta mempunyai dimensi seperti yang diinginkan. Salah satu parameter yang mempengaruhi kualitas produk hasil proses *forging* adalah aliran material dalam rongga cetakan.

Pada sisi yang lain, kemajuan teknologi komputasi telah menghasilkan alat bantu analisis dengan menggunakan metode elemen hingga. Metode ini pada dasarnya dapat digunakan untuk membantu memperkirakan aliran material dalam rongga cetakan pada proses *forging*. Termasuk dalam analisis ini adalah perkiraan bentuk produk yang dihasilkan, apakah terisi penuh atau tidak, beban yang timbul dalam proses dan bentuk *flash* yang dibutuhkan agar produk terbentuk secara sempurna. Bila aliran material dalam rongga cetakan dapat diperkirakan, maka proses pembuatan cetakan secara *trial and error* yang berpotensi menghabiskan waktu dan biaya dapat dikurangi.

Proses Forging

Suatu material akan terdeformasi secara plastis ketika diberikan tegangan yang mencapai *yield* atau *flow stress*. *Flow stress* adalah besar tegangan yang dibutuhkan untuk berdeformasi pada saat tertentu. *Flow stress* dipengaruhi oleh beberapa variabel yaitu temperatur, regangan (*strain*), dan laju regangan (*strain rate*). Fenomena inilah yang dijadikan sebagai mekanisme dasar proses *forging*. Pada proses *forging* aliran material terjadi akibat transmisi gaya dari cetakan ke benda kerja. Hal ini menyebabkan terjadinya gesekan antara permukaan benda kerja dan cetakan yang saling berkontak. Gesekan yang berlebih harus dihindari karena dapat menimbulkan cacat permukaan pada benda kerja.

Pada proses *forging*, kecepatan langkah penekanan berpengaruh terhadap beberapa hal. Kecepatan langkah penekanan yang tinggi pada satu sisi akan meningkatkan produktivitas karena jumlah produk yang dihasilkan per satuan waktu meningkat, akan tetapi pada sisi yang lain kecepatan yang tinggi ini akan mengakibatkan material tidak mendapatkan cukup waktu untuk berdeformasi dan mengisi seluruh rongga cetakan sehingga ada kemungkinan cetakan tidak akan terisi secara penuh. Sebaliknya pada kecepatan langkah penekanan yang rendah, material akan memiliki cukup waktu untuk berdeformasi dan untuk mengisi rongga cetakan. Kecepatan langkah penekanan yang rendah ini tentu saja akan

menurunkan produktivitas.

Berdasarkan temperatur pengerjaan, proses *forging* dapat dilakukan pada temperatur ruangan (*cold forging*) atau temperatur di atas temperatur ruangan (*warm* atau *hot forging*). Ketiga proses jenis manufaktur tersebut memiliki kekurangan dan kelebihan masing-masing. Pada proses *cold forging* diperlukan gaya penekanan yang lebih tinggi dalam proses pembentukan dibandingkan *warm* atau *hot forging*. Selain itu, proses *cold forging* hanya cocok digunakan pada material yang cukup ulet agar material tersebut dapat berdeformasi pada temperatur ruangan tanpa terjadi keretakan. Pada proses *warm* atau *hot forging* memang dibutuhkan gaya penekanan yang lebih rendah dibandingkan dengan proses *cold forging*, akan tetapi proses-proses ini menghasilkan produk dengan sifat mekanik dan kualitas dimensi tidak sebaik proses *cold forging*. Beberapa perbandingan lain untuk proses-proses *forging* ini ditampilkan pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Perbandingan proses *cold*, *warm* dan *hot forging* (Altan, 1998)

	<i>Hot</i>	<i>Warm</i>	<i>Cold</i>
Berat benda kerja	0,05 s.d. 1.500 kg	0,001 – 50 kg	0,001 – 30 kg
Kepresisian	IT 13 – 16	IT 11 – 14	IT 8 – 11
Proses pemesinan lebih lanjut	Tinggi	Rendah	Sangat rendah

Komponen Collar Decomp

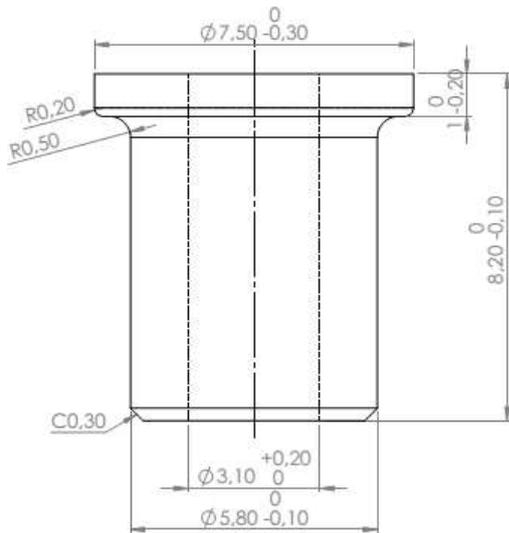
Collar decomp adalah komponen pada sepeda motor yang terletak pada bagian *handle lever*. Komponen ini berfungsi untuk menghindari gesekan langsung antara tuas rem tangan dengan pin yang terdapat pada *handle lever*. Gambar dari komponen ini ditunjukkan pada Gambar 1 berikut ini.



Gambar 1. Komponen collar decomp

Komponen *collar decomp* ini memiliki spesifikasi geometri seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Material yang digunakan pada collar decomp adalah AISI 1035. Material ini merupakan jenis baja karbon rendah yang memiliki tingkat *workability* dan *machinability* yang cukup baik. Berdasarkan Gambar 2,

terlihat bahwa proses *cold forging* masing masuk dalam toleransi komponen *collar decomp*. Toleransi terkecil dari komponen tersebut adalah 100 μm , sedangkan proses *cold forging* mempunyai kepresisian antara IT 8 – 11. Untuk panjang antara 6 – 10 mm, maka lebar daerah toleransi untuk IT8 adalah 22 μm , IT9 adalah 36 μm , IT10 adalah 58 μm dan IT11 adalah 90 μm .

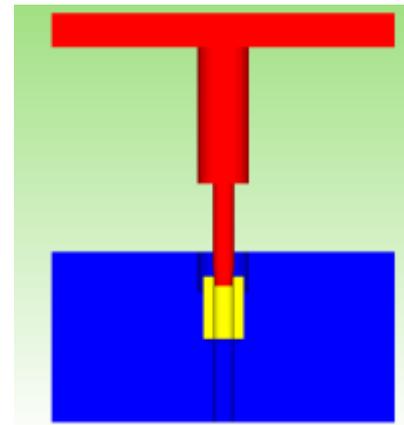


Gambar 2. Spesifikasi geometri *collar decomp*

Analisis Proses *Cold Forging* dengan Metode Elemen Hingga

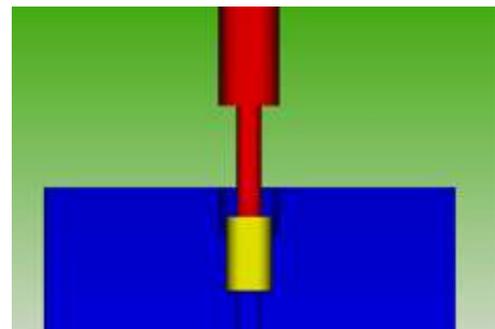
Terdapat tiga tahap yang digunakan dalam analisis metode elemen hingga berbasis perangkat lunak untuk proses forging (Altan, 2005). Tahap pertama adalah pemasukan data yang dibutuhkan untuk proses simulasi. Data yang diperlukan adalah *solid model*, jenis material, kondisi batas, dan berbagai parameter dalam proses simulasi. Tahap kedua adalah proses perhitungan dengan menggunakan masukan data dari proses sebelumnya. Berdasarkan data yang telah ada, dibuat suatu persamaan aljabar yang akan diselesaikan oleh *finite element solver* untuk mendapatkan suatu solusi. Sedangkan tahap terakhir adalah hasil solusi yang ditampilkan dalam bentuk grafik, kurva, atau tabel.

Pada penelitian ini, langkah pertama untuk menganalisis proses *forging* dengan metode elemen hingga adalah pembuatan model *billet* dan cetakan. Bentuk geometri *billet* disesuaikan dengan bentuk dasar dari komponen *collar decomp*, sehingga dipilih *billet* dengan bentuk silinder *hollow*. Tinggi *billet* dihitung dengan membandingkan volume rongga cetakan dengan volume *billet*. Bentuk cetakan dan *billet* dapat dilihat pada gambar 3 berikut ini.

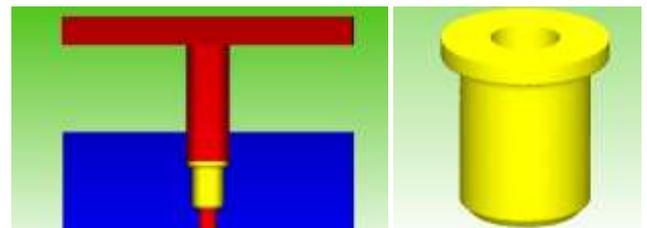


Gambar 3. Potongan melintang rancangan cetakan dan *billet*

Setelah model *billet* dan cetakan dibuat, langkah selanjutnya adalah melakukan simulasi proses *forging*. Jenis proses yang dipilih adalah *cold forging* dengan jumlah *mesh* pada *billet* sebanyak 100.000. Kecepatan langkah ditentukan sebesar 250 mm/s. Tahapan proses simulasi dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5.



Gambar 4. Langkah awal simulasi



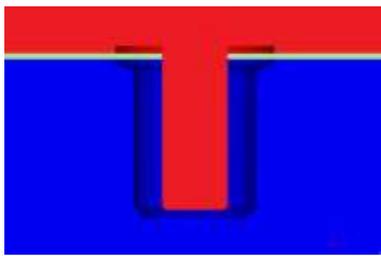
Gambar 5. Langkah akhir simulasi dan komponen hasil simulasi

Berdasarkan hasil simulasi, *billet* dapat mengisi rongga secara penuh. Selain itu, terdapat beberapa permasalahan yang dialami pada rancangan proses *forging* ini. Permasalahan tersebut adalah sebagai berikut:

- Panjang *billet* dengan rentang toleransi yang sangat sempit yaitu 0,002 mm. Hal ini menimbulkan kesulitan dalam proses penyiapan *billet*. Panjang *billet* yang berlebih dapat menyebabkan tegangan yang tinggi pada cetakan sehingga cetakan akan lebih cepat mengalami kegagalan.

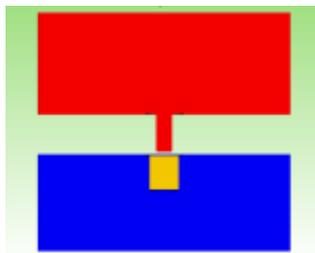
- Bentuk *billet* berupa silinder *hollow* dengan ukuran tertentu sulit untuk didapatkan sehingga diperlukan pemesanan khusus yang akan menaikkan ongkos material.

Untuk mengatasi masalah tersebut, modifikasi cetakan perlu dilakukan. Pada rancangan cetakan yang dimodifikasi terdapat celah *flash* yang ditujukan untuk memberi toleransi panjang *billet* yang berlebih dan mengubah bentuk *billet* yang digunakan, dari silinder *hollow* menjadi silinder pejal. Rancangan cetakan dengan celah *flash* dapat dilihat pada Gambar 6 berikut ini.

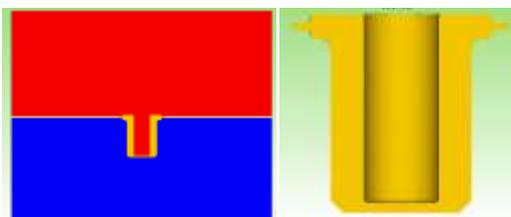


Gambar 6. Modifikasi desain cetakan dengan celah *flash*

Setelah proses modifikasi cetakan selesai, proses simulasi kembali dapat dilakukan. Simulasi dapat berjalan setelah memasukkan parameter-parameter diperlukan. Tahapan proses simulasi dapat dilihat pada Gambar 7 dan Gambar 8 beserta dengan hasil dari proses simulasi ini.



Gambar 7. Langkah awal simulasi dengan cetakan yang telah dimodifikasi

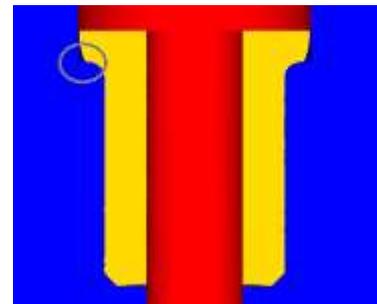


Gambar 8. Langkah akhir simulasi dengan cetakan yang telah dimodifikasi dan komponen hasil simulasi

Hasil proses simulasi dengan menggunakan cetakan yang telah dimodifikasi memerlukan proses tambahan agar komponen dapat mencapai bentuk dan spesifikasi produk yang diinginkan.

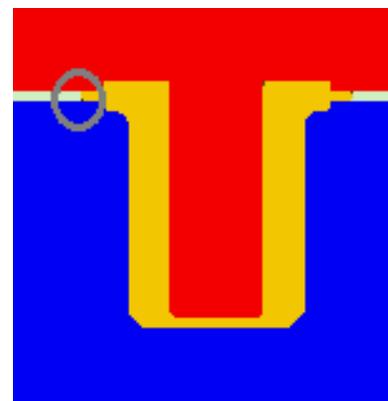
Proses tambahan yang dianjurkan adalah proses *piercing* untuk pembuatan lubang dan proses *trimming* untuk membuang *flash*. Proses tambahan ini diharapkan tidak akan terlalu membebani biaya produksi.

Berdasarkan hasil simulasi pada cetakan awal (belum dimodifikasi), panjang *billet* yang kurang akan mengakibatkan rongga cetakan tidak dapat terisi secara sempurna seperti yang terlihat pada Gambar 9. Sebaliknya, panjang *billet* yang berlebih juga akan mengakibatkan cetakan tidak dapat menutup secara sempurna dan dibutuhkan mesin pres dengan kapasitas yang lebih tinggi. Panjang minimum *billet* untuk rancangan proses ini adalah 9,070 mm dan panjang maksimum 9,072 mm.



Gambar 9. Hasil simulasi untuk cetakan sebelum dimodifikasi yaitu rongga cetakan tidak terisi penuh

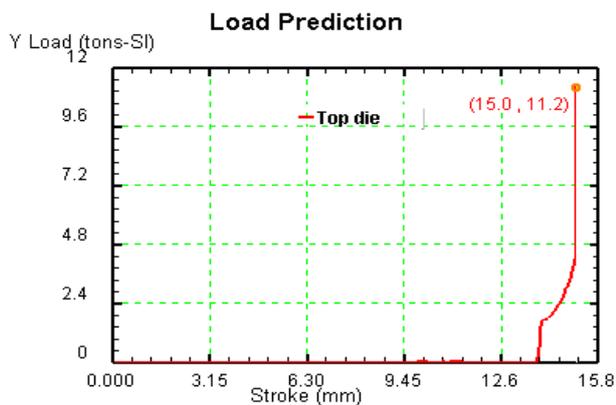
Berdasarkan proses simulasi dengan cetakan yang telah dimodifikasi, panjang *billet* yang kurang akan mengakibatkan rongga cetakan tidak dapat terisi dengan sempurna. Selain itu, panjang *billet* yang berlebih juga akan mengakibatkan celah *flash* terisi seperti yang terlihat pada Gambar 10. Panjang minimum *billet* yang dianjurkan adalah 6,65 mm agar rongga cetakan dapat terisi penuh. Bila ukuran panjang *billet* 6,80 mm, maka *flash* yang terbentuk akan memiliki lebar sepanjang 0,7 mm.



Gambar 10. Sebagian logam akan mengalir mengisi rongga *flash* yang disediakan

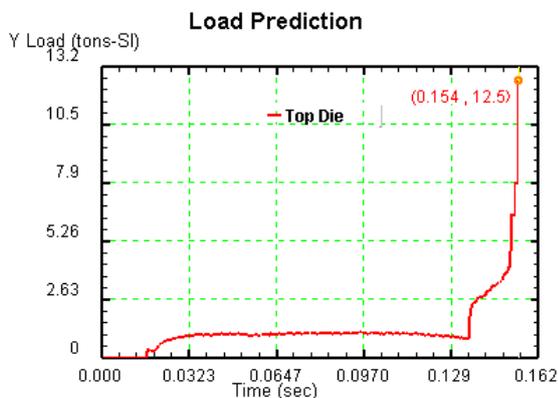
Analisis Gaya pada Proses Cold Forging

Selain melakukan simulasi aliran material dalam rongga cetakan, perangkat lunak yang digunakan pada proses simulasi ini juga dapat memperkirakan seberapa besar gaya yang diperlukan untuk proses tersebut. Besarnya gaya yang diperlukan untuk proses simulasi dengan menggunakan cetakan awal dapat dilihat pada Gambar 11. Berdasarkan grafik gaya terhadap panjang langkah, diperkirakan bahwa untuk proses cold forging dengan menggunakan desain cetakan awal memerlukan gaya sebesar 11,2 ton.



Gambar 11. Grafik perkiraan gaya terhadap panjang langkah pada rancangan cetakan awal

Hal serupa dilakukan untuk cetakan yang dimodifikasi dengan penambahan celah flash. Berdasarkan hasil simulasi didapatkan grafik gaya terhadap panjang langkah yang dapat dilihat pada Gambar 12. Berdasarkan grafik gaya terhadap panjang langkah, diprediksi bahwa untuk proses cold forging dengan menggunakan desain cetakan yang telah dimodifikasi memerlukan gaya sebesar 12,5 ton.



Gambar 12. Grafik prediksi gaya terhadap panjang langkah pada rancangan cetakan yang dimodifikasi

Kedua grafik yang diperlihatkan pada Gambar 11 dan Gambar 12, menunjukkan bahwa tonase yang dibutuhkan akan meningkat secara berarti ketika *billet* berkontak dengan dinding cetakan. Hal ini terjadi karena dibutuhkan gaya yang lebih besar agar *billet* terdeformasi mengisi rongga cetakan. Analisis perkiraan gaya ini bermanfaat untuk menentukan kapasitas tonase mesin yang akan digunakan dan jumlah komponen yang mampu diproduksi per proses (dalam satu kali langkah tekan). Waktu proses untuk memproduksi satu komponen dengan proses cold forging terbilang sangat singkat jika dibandingkan dengan proses pemesinan karena satu langkah tekan terjadi kurang dari satu detik pada rentang kecepatan ram yang tinggi (150-250 mm/s) pada desain cetakan awal dan dengan rentang kecepatan yang lebih rendah pada desain cetakan yang dimodifikasi (50 mm/s).

Analisis Ongkos Produksi

Perhitungan ongkos dilakukan untuk proses cold forging dengan cetakan yang telah dimodifikasi dengan pertimbangan bahwa proses cold forging dengan cetakan awal sulit untuk diterapkan karena terdapat kesulitan dalam penyiapan *billet*. Selain itu data harga material dan biaya operasional mesin CNC didapat berdasarkan data dari industri. Rincian ongkos produksi untuk proses cold forging akan dijelaskan sebagai berikut.

- Ongkos material yang dibutuhkan dalam proses cold forging ini adalah sebagai berikut:

Volume material (mm ³)	197,7
Masa jenis material (gram/mm ³)	7,7 x 10 ⁻³
Mass material (gram)	1,39
Harga material (Rp/gram)	14
Ongkos material (Rp)	19,37

- Ongkos operasional mesin

Tarif mesin (cold forging, Rp/produk)	65,00
Tarif mesin (finishing, Rp/produk)	30,00
Ongkos operasional mesin (Rp/produk)	95,00

- Ongkos tambahan yang timbul dalam penyiapan *billet* dengan menggunakan mesin CNC. Asumsi durasi proses pemesinan yang dilakukan selama 10 detik dengan diameter *billet* 5,8 mm dan panjang antara 6,7 – 6,8 mm.

Durasi proses (detik)	10
-----------------------	----

Tarif mesin CNC (Rp/detik)	15,1
Biaya proses penyiapan <i>billet</i> (Rp)	151
• Ongkos cetakan proses <i>cold forging</i>	
Biaya pembuatan cetakan (Rp)	2.000.000
Usia pemakaian (buah)	10.000
Ongkos cetakan (Rp/produk)	200
• Ongkos cetakan proses <i>finishing</i>	
Biaya pembuatan cetakan (Rp)	2.000.000
Usia pemakaian (buah)	40.000
Ongkos cetakan (Rp/produk)	50

Berdasarkan hasil perhitungan ongkos proses *cold forging* sebelum ini, didapatkan total ongkos untuk setiap produk adalah sebagai berikut:

Ongkos material (Rp)	19,37
Ongkos operasional mesin (Rp)	95
Ongkos penyiapan <i>billet</i> (Rp)	151
Ongkos cetakan proses <i>cold forging</i> (Rp)	200
Ongkos cetakan proses <i>finishing</i> (Rp)	50
Total ongkos proses per produk (Rp)	515,37

Rincian ongkos manufaktur komponen *collar decomp* menggunakan proses pemesian dan ekstrusi (proses yang digunakan saat ini) disampaikan pada uraian berikut ini.

- Ongkos material yang dibutuhkan dalam proses yang digunakan saat ini adalah sebagai berikut:

Mass material (gram)	3,7
Harga material (Rp/gram)	14
Ongkos material (Rp)	51,8

- Ongkos mesin CNC

Durasi proses (detik)	41
Tarif mesin (Rp/detik)	15,1
Ongkos mesin CNC (Rp)	619,1

- Ongkos proses ekstrusi adalah Rp 90 per

produk

Berdasarkan hasil perhitungan ongkos proses sebelum ini, didapatkan total ongkos produk dengan menggunakan proses pemesian dan ekstrusi adalah sebesar Rp 760,9 per produk. Untuk ongkos proses *cold forging* yang mencapai Rp 515,37 per produk, maka dibandingkan dengan ongkos proses semula, proses *cold forging* akan memberikan penurunan ongkos hampir mencapai 32%.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari simulasi dengan menggunakan alat bantu analisis berbasis metode elemen hingga, dapat disimpulkan bahwa proses *cold forging* dapat digunakan sebagai alternatif proses manufaktur komponen *collar decomp*. Rancangan cetakan yang disarankan adalah cetakan dengan menggunakan celah untuk menghasilkan *flash* untuk mempermudah dalam penyiapan *billet*. Dengan menggunakan rancangan cetakan tersebut, ukuran *billet* yang harus disiapkan adalah berdiameter 5,8 mm dengan panjang antara 6,7 – 6,8 mm. Berdasarkan analisis biaya yang dilakukan, proses *cold forging* dapat menurunkan ongkos produksi hingga mencapai 32% dari ongkos proses semula.

Referensi

Altan, T. (eds), *Metal Forming Handbook*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg (1998)

Altan, T., Ngaile, G., dan Shen, G., *Cold and Hot Forging: Fundamental and Applications*, USA:ASM International (2005)

Bismantolo, P., Analisis Tata Letak Blanking dan Desain Cetakan Tekan untuk mereduksi Biaya Produksi *Joint Brake Rod*, Tesis Magister, Program Studi Teknik Mesin, Institut Teknologi Bandung (2013)

Ihsan, D., Perancangan Ulang Proses Manufaktur Komponen *Point Neutral* pada Sepeda Motor, Tugas Sarjana, Program Studi Teknik Mesin, Institut Teknologi Bandung (2013)

Kalpakjian, S. dan Schmid, S.R., *Manufacturing Engineering and Technology*, Edisi 6, Pearson, London (2010)