

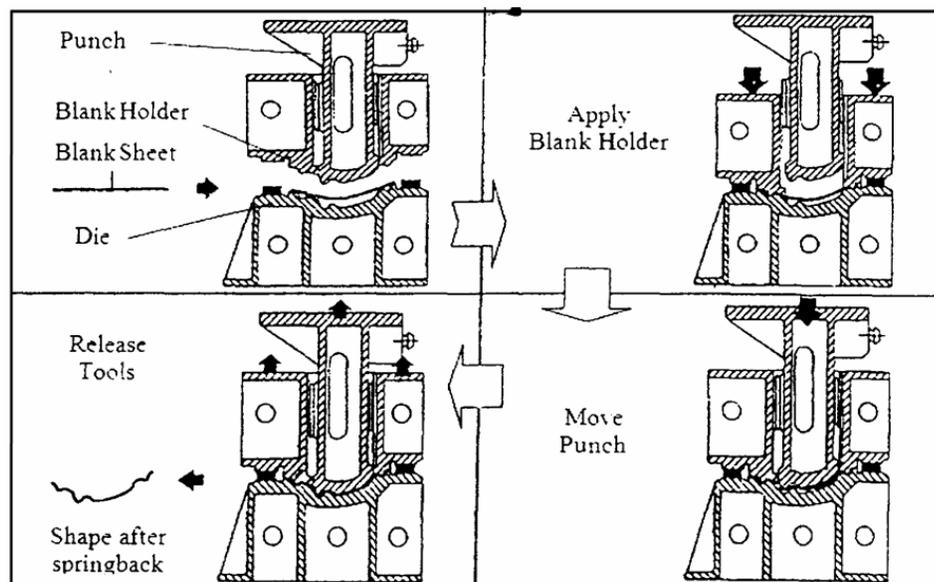
BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Persoalan pembentukan komponen kendaraan dengan cara *sheet metal forming*, merupakan cara yang *relative* sederhana karena lembaran pelat *sheet metal* kemudian di lakukan penekanan (*press*) menggunakan cetakan atas dan bawah sehingga akan melewati daerah karakteristik plastik dan menjadi bentuk sesuai cetakan atas-bawah yang dipakai. Pemanfaatan yang produk *sheet metal forming* yang bisa dilihat pada bodi mobil dari bahan *sheet metal* dan *press*.

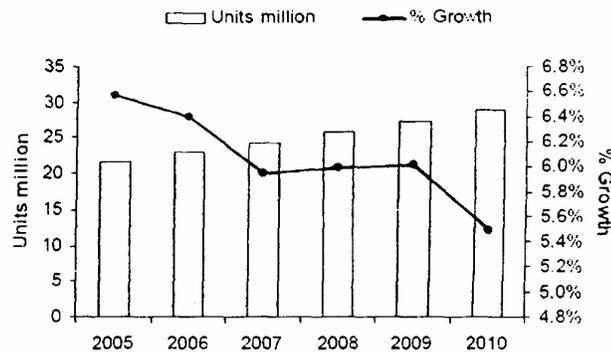
Dalam proses mencetak di industri, ilustrasi *sheet metal forming* ditunjukkan pada Gbr.1.



Gbr. 1. Proses umum *sheet metal forming* (Makinouchi, 1999)

Penerapan dalam industri *manufacturing* yang berkaitan dengan otomotif, dengan peningkatan permintaan jumlah kendaraan bermotor, maka pemanfaatan

sheet metal forming semakin penting lagi. Di kawasan Asia pasifik penjualan kendaraan bermotor semakin meningkat sampai tahun 2010. Sebagai gambaran, menurut datamonitor (2005) produksi tahun 2005 sebanyak 22 juta (Gbr. 2) akan diprediksi pada tahun 2010 mencapai 28 juta dengan angka peningkatan pertahunnya sekitar 5.5 % sampai 6.6 %.



Gbr. 2. Ramalan Produksi Sepeda Motor di Kawasan Asia Pasific
(Sumber : Datamonitor, *Motorcycles in Asia Pasific – Industri Profile*, December 2005)

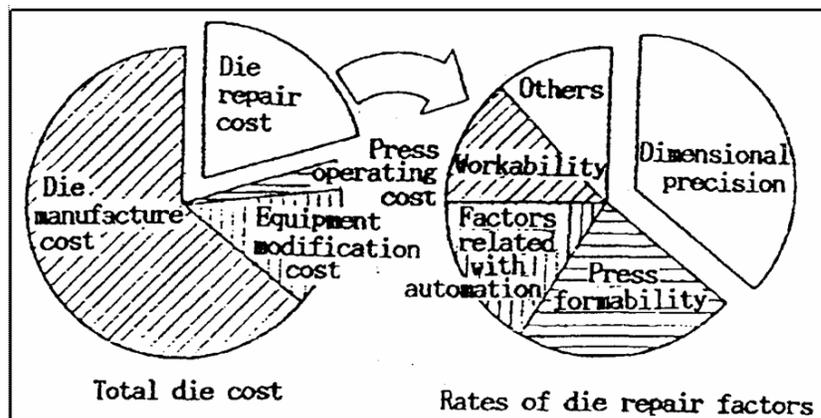
Dalam praktek industri, memperoleh bentuk komponen hasil press seperti yang diharapkan ternyata tidak sesederhana prosesnya. Pengaruh ukuran pelat sebelum dicetak (*blank sheet*), sifat material dan kondisi dan tekanan press menentukan keakuratan hasil. Seringkali hasil cetakan press tidak mulus tetapi berkerut, bergelombang bahkan bisa juga terjadi robek. Bahkan seandainya hasil permukaan bisa mulus, tetapi terjadi melintir atau melengkung sehingga ukuran hasil cetakan tidak sesuai lagi dengan desain ukuran yang diharapkan.

Keakuratan mulai terjadi perhatian setelah proses pemanfaatan *sheet metal forming* menjadi tumpuan utama mencetak bodi mobil dijepang, Umehera (1990). Sehingga ketidak akuratan hasil karena sifat alamiah bahan metal elastic (Tozawa, 1990) menjadi sangat penting untuk ditanggulangi. Kehalusan permukaan tidaklah

mencukupi apabila intergritas keakuratan antar komponen juga menjadi perhatian yang perlu diperhatikan oleh produsen komponen otomotif, Narasimhan (1999), dengan permintaan kualitas makin meningkat, maka bukan hanya penampilan luar saja yang penting untuk diperhatikan, tetapi semua bagian sambungan serta yang terkait dengan pemasangan komponen hasil sheet metal forming perlu mendapat perhatian khusus keakuratan pemasangannya.

Penanggulangan persoalan ketidak akuratan ditangani dengan memperbaiki dan memodifikasi alat cetak (*dies*) nya setiap kali ditemukan permasalahan. Modifikasi biasanya dilakukan saat uji coba produksi sebelum keputusan produksi massal dilaksanakan.

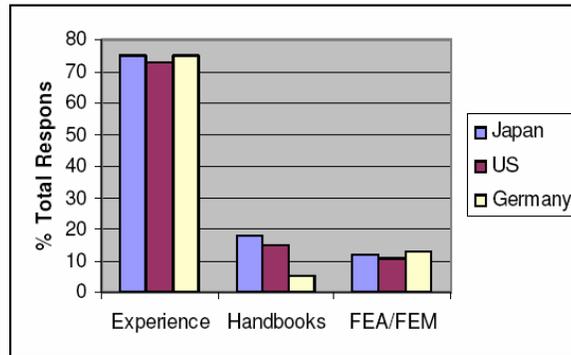
Secara umum, proses perbaikan alat cetak selalu dilakukan dan memerlukan waktu dan biaya yang tidak murah, yaitu sekitar 20 % dari total biaya produksi. Dari 20 % biaya yang dikeluarkan, sepertiganya untuk menaggulangi ketidak akuratan hasil (Umehera, 1990), seperti ditunjukkan pada Gbr. 3.



Gbr. 3. Biaya rata-rata produksi *dies* (Umehera, 1990)

Dalam proses perbaikan *dies*, Fallbohmer (1999), menyatakan sebagian besar di Negara industri maju yang mempunyai kedekatan dengan ilmuan (United

States, Germany, Japan), masih mengandalkan perbaikan dan modifikasi *dies* pengalaman karyawan, dibandingkan dengan metode analitik yang ada di *handbook* maupun dengan cara simulasi virtual numerik berbasis Metode Elemen Hingga, dengan jumlah pengguna 10%.



Gbr. 4. Metode pendekatan modifikasi dies (Fallbohmer, 1999)

Berdasarkan hasil survei tersebut memperlihatkan bahwa pemanfaatan simulasi numerik secara virtual menggunakan perangkat komputer masih sangat terbatas penerapannya di industri terutama untuk tahap perbaikan dan modifikasi dies. Data dari unit pelayanan industri yang ada di Fakultas Teknik UMS, dari berbagai mitra industri belum ada satupun yang menggunakan suatu metode analitik untuk perbaikan *dies*, meskipun hampir semua gambar sudah berbasis Computer Aided Design (CAD).

Metode numerik berbasis Metode Elemen Hingga (MEH) memang sudah digunakan untuk melakukan analisis. Pada beberapa kasus, hasil MEH lebih banyak sekedar memberikan informasi bahwa prediksi hasil proses pencetakan menggunakan cetakan (*dies*) yang telah dirancang akan terjadi keakuratan hasil akibat terlalu melentur (*over bending*) atau melintir (*twisting*). Berdasarkan

informasi hasil analisis memberikan suatu saran bahwa desain *dies* perlu dimodifikasi lagi agar hasilnya dapat akurat seperti yang dikehendaki. Apabila dikehendaki hasil modifikasi *dies* dilakukan analisis kembali untuk melihat hasil pencetakan. Proses persiapan menuju produksi massal menjadi semakin tertunda lagi bila belum diperoleh hasil simulasi cetakan yang memuaskan sesuai kualitas yang diinginkan.

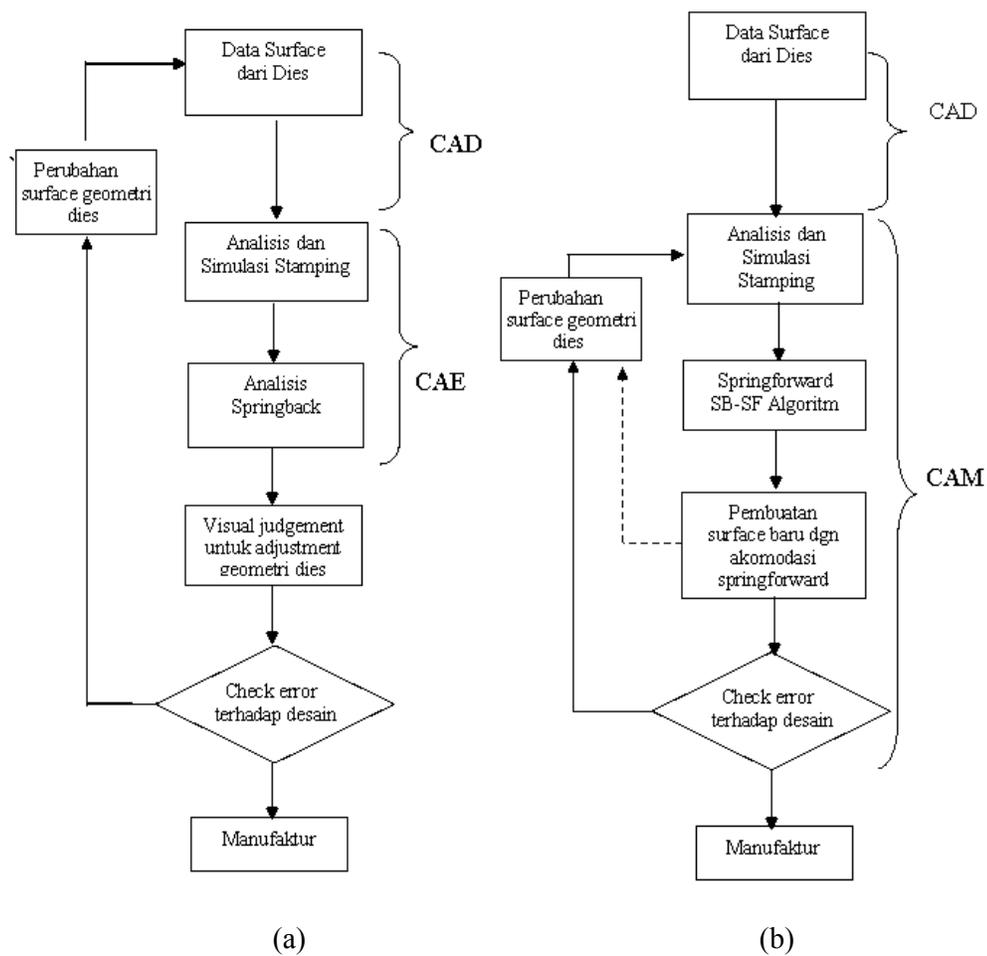
1.2. Perumusan Masalah

Pemanfaatan MEH untuk keperluan analisis sudah membantu memberikan prediksi geometri akhir dari komponen hasil proses *stamping (press)*. Dengan berbagai perangkat lunak berbasis MEH non-linier yang secara komersial sudah tersedia seperti ABAQUS, ANSYS, NASTRAN, LUSAS, COSMOS mampu memprediksi hasil setelah komponen press dikeluarkan dari cetakannya dan mengalami *springback* akibat alamiah sifat logam yang elastik.

Untuk keperluan modifikasi alat cetak, Siswanto (2001) sudah mengembangkan suatu "SB-SF Algorithm" yang digunakan untuk membalik kondisi *springback* yang pasti selalu terjadi dan dijadikan koreksi pada bentuk geometri alat cetak (*toolingdies*) nya.

Dengan adanya algoritma SB-SF, secara fundamental, cara modifikasi *tooling dies* mengalami perubahan dari sekedar *trial and error* menjadi sepenuhnya berdasarkan prediksi geometri, seperti ilustrasi Gbr. 5. Pada Gbr. 5(a) apabila terjadi kesalahan maka perubahan dilakukan menggunakan CAD berdasarkan informasi visual dan perkiraan mengenai geometri yang perlu dimodifikasi. Pengalaman dan intuisi teknik sangat diperlukan dalam proses ini. Pada Gbr. 5(b)

penggunaan algoritma SB-SF secara teori mampu menghasilkan bentuk *part* yang secara virtual mengalami *springforward*, sehingga bila modifikasi *surface die* yang baru mengikuti hasil *springforward*, maka hasil proses press dengan *surface* baru hasil modifikasi akan menghasilkan ketepatan geometri karena *springback* sudah diakomodasi.

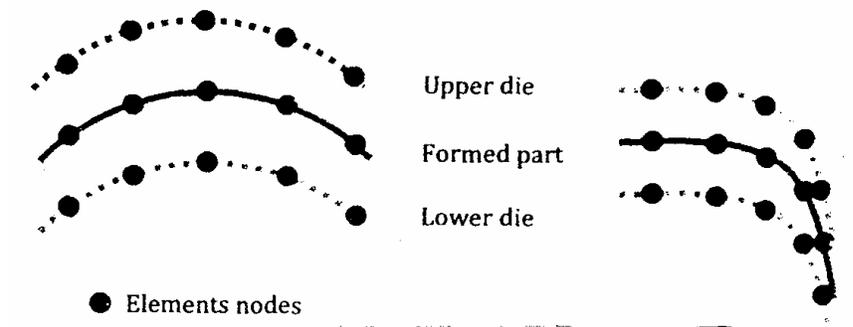


Gbr. 5. Pemanfaatan SB-SF Algoritma untuk optimisasi *tooling dies*.

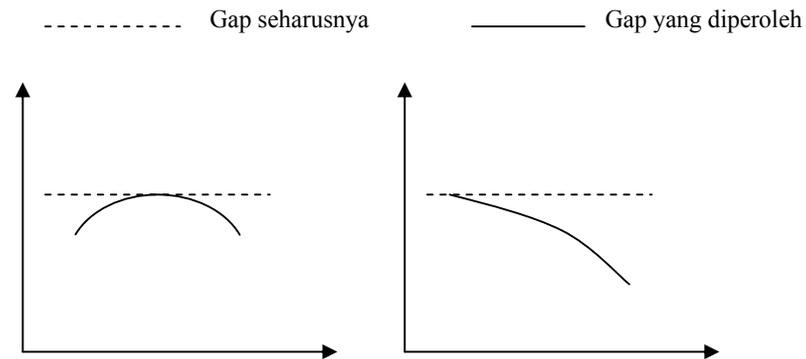
Permasalahan yang timbul adalah transformasi hasil *springforward* menjadi *upper* dan *lower surfaces* dalam bentuk *meshing* elemen hingga yang siap digunakan untuk analisis, sehingga pada Gbr. 5(b) bisa digunakan. Pada gambar

tersebut masih digunakan garis putus-putus karena belum bisa langsung diterapkan *surface* baru *upper* dan *lower dies* harus mempunyai gap yang seragam di semua bagian permukaan.

Secara translasi, memindahkan semua nodal elemen hingga dapat memperoleh hasil yang akurat apabila komponen press tidak mempunyai bentuk yang rumit dan tidak banyak lengkungan. Namun demikian, apabila bentuk komponen rumit maka *upper* dan *lower dies* tidak akan mempunyai gap yang seragam, bahkan benar-benar berhimpit (Gbr. 6), sehingga tidak akan menghasilkan komponen yang bagus, tetapi menyebabkan robeknya komponen akibat pelat logam yang berada ditengahnya terjepit. Gambaran gap yang gagal mempertahankan jarak konstan dilukiskan pada Gbr. 7.



Gbr. 6. Translasi elemen dan nodal, menghasilkan gap antara yang tidak konstan.



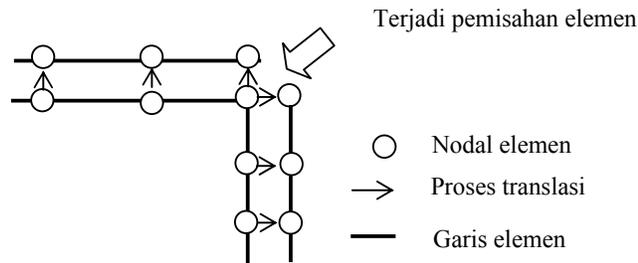
Gbr. 7. Gap yang terjadi antara *upper* dan *lower surfaces*.

Berdasarkan kegagalan proses elemen meshing pada turunan *upper* dan *lower dies*, maka ada dua masalah yang sangat perlu dipikirkan agar hasil *springforward* dapat diterapkan secara langsung, apabila kemampuan pembentukan *analitical surface* yang sudah memiliki semua informasi elemen hingga, baik nodal maupun elemen. Perlu adanya suatu algoritma komputasi yang secara fundamental mampu mengatasi dua permasalahan yang ada.

Dua masalah tersebut adalah:

- a. Apabila menggunakan translasi konvensional searah dengan arah gerak alat cetaknya, maka gap yang terbentuk antara *upper* dan *lower dies* tidak akan konstan seperti pada Gbr. 6 dan Gbr. 7.
- b. Apabila menggunakan translasi normal di semua permukaan terhadap seluruh nodal elemen, maka *upper* dan *lower surface* yang terbentuk memiliki gap yang konstan, memiliki jumlah elemen yang sama namun demikian jumlah nodal tidak sama dengan hasil akhir proses *springforward*. Kondisi elemen hingga yang tesusun di setiap arah normal

berbeda menjadi *split* (berpisah) dan secara numerik akan menyebabkan *discontinuity*.



Gbr. 8. Pemisahan elemen (*split*) terjadi saat translasi normal disetiap elemen.

1.3. Batasan Masalah

Pada penelitian yang akan dilakukan ada beberapa asumsi digunakan serta batasan masalah yang ada.

Asumsi dan definisi secara konsisten akan digunakan, meliputi :

- a) Proses *sheet metal forming* yang dimaksud dalam konteks usulan penelitian ini merupakan proses dingin (*cold process*) dimana tidak ada keterlibatan pemanasan tambahan.
- b) Seluruh proses press (*stamping*) menggunakan alat cetak padat bukan dari bahan yang bisa mengalami deformasi karena lunak (*deformable rigid tools*).
- c) Peristiwa *springback* yang dimaksud terjadinya karena sifat elastik dari pelat logam yang digunakan, serta *springback* tidak terjadi beberapa kali setelah dilewatinya daerah deformasi plastik. Setelah mengalami deformasi plastik dan terjadi *springback* maka *sheet metal* yang dibentuk akan terdeformasi secara permanen.

Sedangkan batasan masalah pada penelitian, mencakup beberapa hal:

- a) Elemen hingga yang dipertimbangkan untuk dilakukan translasi adalah dari kategori elemen cangkang (*general shell*) tiga dimensi dengan satu lapisan. Hasil yang diperoleh, konsekuensinya juga berupa elemen cangkang dengan satu lapisan.
- b) Apabila elemen hingga *blank sheet* merupakan elemen *solid* tiga dimensi, translasi *upper* digunakan bagian atas (*upper side*) dari elemen *solid*, dan translasi *lower* digunakan bagian bawah (*lower side*) elemen *solid*.

1.4. Tujuan Penelitian

Penelitian ini mempunyai fokus pada pengembangan proses optimasi alat cetak komponen *sheet metal forming*, sehingga secara fundamental akan mengalami perubahan dengan adanya kemampuan tambahan yang bisa memanfaatkan hasil simulasi numerik berbasis metode elemen hingga, untuk perbaikan secara langsung ke *surface* alat cetak press.

Secara spesifik dalam penelitian ini bertujuan:

- a. Pengembangan algoritma numerik yang bertujuan memanfaatkan hasil *springforward* secara langsung untuk menghasilkan *upper* dan *lower dies* dalam bentuk elemen hingga lengkap dengan nodal-nodalnya, serta mempunyai gap antara yang konstan.
- b. Memperkenalkan suatu metode optimasi alat cetak untuk menghasilkan hasil yang akurat sesuai dengan rencana desain dengan cara kompensasi *springback*. *Springback* tidak dihilangkan tetapi diakomodasi dengan perubahan alat cetak.