STEMAN 2012 ISBN : 978-979-17047-4-8

PERANCANGAN
HORIZONTAL MOULD SPOTTING MACHINE

Agus Surjana Saefudin[(1)] dan Sigit Yoewono[(2)]

[(1)] Jurusan Teknik Manufaktur, Politeknik Manufaktur Negeri Bandung
Jl. Kanayakan No. 21 - Dago, Bandung 40135
Phone/Fax: 022-250 0241 / 250 2649
E-mail : agussurjana@yahoo.co.id

[(2)] Fakultas Teknik Mesin dan Dirgantara, Institut Teknologi Bandung
Jl. Ganesa No. 10, Bandung 40132
Phone/Fax: 022-250 4243 / 253 4099

Abstrak

Pola hidup manusia modern telah melahirkan sikap hidup dalam persaingan global yang serba cepat sehingga membutuhkan kepraktisan didalam penyediaan alat kebutuhan hidupnya, plastik adalah bahan yang sangatlah cocok dan dapat memenuhi tuntutan itu. Saat ini tidak kurang dari 250.000 jenis produk kebutuhan manusia mayoritas berbahan plastik, produk plastik terus berubah bentuk disempurnakan sesuai fungsi dan mengikuti keinginan manusia yang didukung kemajuan teknologi. Untuk setiap produk baru yang akan dibuat saat ini selalu dipilih bahan plastik sebagai material pilihan pertama, hal ini karena plastik memiliki beberapa keunggulan jika dibandingkan dengan logam yang selama ini menjadi bahan utama barang kebutuhan manusia, diantaranya : ringan, tahan karat, murah dan dapat didaur ulang.
Untuk memproduksi barang berbahan plastik tersebut diperlukan cetakan plastik yang disebut *mould*, Setelah *mould* dibuat dan sebelum digunakan untuk produksi menggunakan mesin injeksi, dilakukan proses uji coba kesetangkupan *partingline* dan kesetangkupan antara *cavity* dengan *core*, terutama ketika produk terbentuk oleh *cavity* dan *core* yang bersentuhan untuk membentuk suatu lubang atau kontur pada produk akibat tuntutan desain produk (contoh produknya adalah *Mouse Top Cover*). Untuk *mould* berdimensi besar seperti bumper mobil, maka proses uji kesetangkupan ini (*spotting process*) dilakukan pada mesin *die spotting* yang berkonstruksi vertikal. Namun untuk *mould* berukuran kecil sampai dengan sedang (dimensi maksimum *mould base* adalah 300mm x 300mm), maka mesin *die spotting* yang tersedia di pasar tidaklah cocok. Penelitian ini dilakukan untuk mencari solusi agar proses spotting untuk mould berukuran kecil hingga sedang dapat dilakukan dengan baik
Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah rancangan mesin *horizontal mould spotting machine* yang memenuhi spesifikasi dan dengan menggunakan metode DFMA (*design for manufacture and assembly*) rancangan mesin ini menjadi rancangan yang efisien, sehingga diharapkan jika mesin ini dibuat dan digunakan, akan diperoleh proses kesetangkupan *mould* menjadi cepat, mudah, murah dan *mould* yang dihasilkan berkualitas.

Kata kunci: mould base, mould spotting machine, desain produk, produk plastik berbentuk rumit

1. Pendahuluan

Indonesia dengan jumlah penduduk berkisar 237.000.000 jiwa [1], adalah jumlah yang besar dan merupakan pangsa pasar bagi produsen barang-barang kebutuhan hidup. Barang kebutuhan hidup berbahan plastik saat ini jumlahnya lebih dari 250.000 macam, sudah barang tentu setiap barang tersebut membutuhkan cetakan (*mould*) [2].
Khusus untuk produsen atau pabrik barang-barang kebutuhan hidup manusia yang berbahan plastik, Indonesia termasuk negara yang memiliki masalah klasik, yakni hingga kini para produsen barang plastik memiliki kesulitan untuk mempunyai ahli pembuat cetakan plastik (*mould maker*), baik dari bentuk yang sederhana hingga bentuk yang paling rumit, bahkan tidak sedikit Indonesia harus mengimpor cetakan maupun barang plastik dari luar negeri, sehingga sampai Juli tahun 2011 impor barang plastik Indonesia naik sebesar 46% .
Yang paling menarik dari besarnya jumlah penduduk Indonesia ini, akan mendatangkan

 ISBN : 978-979-17047-4-8

bisnis besar terutama ketika barang itu bersifat *single use* (habis pakai).

Lembaga pendidikan di Indonesia yang secara formal mengadakan proses pembelajaran tentang pembuatan cetakan plastik (*mould*) [2] masih sangat sedikit, diantaranya : POLMAN disusul ATMI dan POLMAN ASTRA. Ketiga lembaga pendidikan ini masih belum mencukupi untuk memenuhi kebutuhan tenaga ahli pembuat cetakan plastik di Indonesia.

Peluang pasar produk plastik di Indonesia terus meningkat semakin besar, sesuai dengan pertumbuhan jumlah penduduknya sebesar 1,49% [1], belum ditambah lagi sifat masyarakat bangsa Indonesia yang dikenal konsumtif.

Kemajuan teknologi yang semakin pesat dan cepat telah semakin mendorong permintaan barang semakin tinggi karena saat ini *life time* barang semakin pendek. Untuk menyambut pangsa pasar yang besar dan akan semakin besar ini, ditambah persaingan global, maka proses pembuatan *mould* harus semakin cepat.

Di dalam rangkaian proses pembuatan *mould* terdapat proses *mould spotting* yangmana pada proses ini terdapat dua kegiatan, yakni proses *spotting* (memberikan tekanan pada bidang pertemuan *fix side mould* dengan *moving side mould*) dan proses koreksi. Untuk mencapai kualitas, kecepatan dan kemudahan proses ini diperlukan sebuah mesin, khususnya untuk *mould* ukuran kecil hingga sedang, yang akan memproduksi benda yang mendominasi jumlah barang kebutuhan hidup manusia.

Rancangan *Horizontal Mould Spotting Machine* ini mengacu kepada *Injection*[3]dan *die spotting machine*, yangmana terbagi menjadi dua unit besar, yakni unit Proses *Spotting* (*spotting unit*) dan unit proses koreksi (*correction unit*), yang dirancang untuk dimensi *mould* maksimum 300 mm x 300 mm (*mould base* tipe 3030), dengan gaya cekam *mould (clamping force)* maksimum 30 ton, tinggi *mould* minimum 200 mm dan bukaan maksimum antar pelat pencekam *mould* (*daylight*) sebesar 590mm.

2. Proses Perancangan

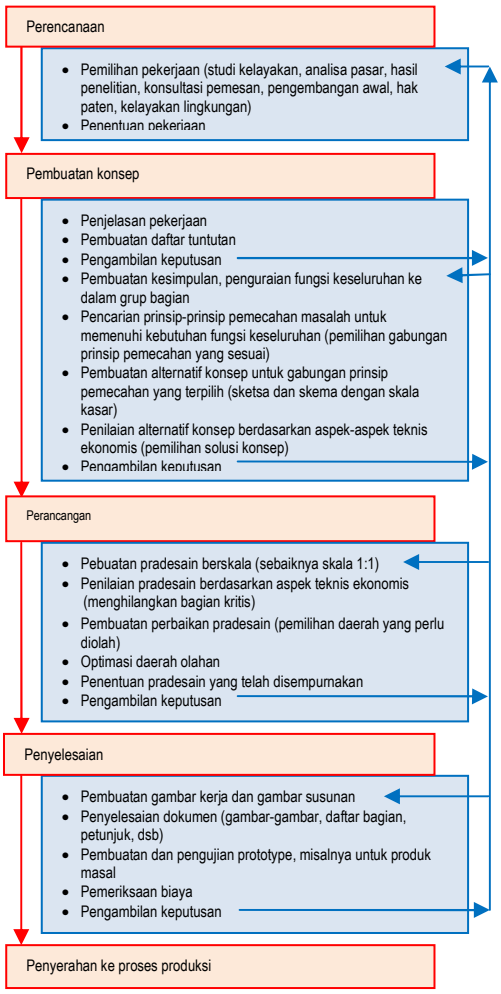
Suatu proses berfikir yang sistematis dalam menyelesaikan suatu permasalahan untuk menghasilkan luaran yang maksimal sebagaimana yang diharapkan, dilakukan mulai dari awal suatu rangkaian kegiatan proses pembuatan produk yang disebut metode perancangan.

2.1. Metode perancangan VDI 2222

VDI 2222 merupakan suatu metode perancangan para insinyur teknik Jerman (*Verein Deutsche Ingenieuer*) [3]. yang penulis gunakan dalam merancang *horizontal mould spotting machine*, yangmana tahapan perancangannya adalah :

1. Analisis (merencanakan),
2. Mengkonsep (konsep produk yang berisi syarat-syarat teknis produk disusun dari daftar keinginan),
3. Merancang (konstruksi pilihan optimal hasil penilaian teknis dan ekonomis)
4. Penyelesaian (membuat gambar susunan dan gambar detail).

Secara lengkap diagram metode perancangan menurut VDI 2222 dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram metode perancangan menurut VDI 2222.

2.2 Metode DFMA

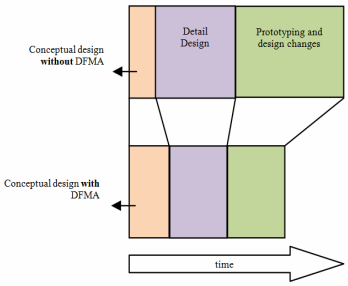
Ilmu yang mengembangkan strategi perancangan sejalan dengan perkembangan

 ISBN : 978-979-17047-4-8

teknologi dalam bidang manufaktur adalah DFMA yang merujuk kepada proses pembuatan dan perakitan, dimana kesalahan dalam bidang perakitan merupakan juga kesalahan dalam perancangan.

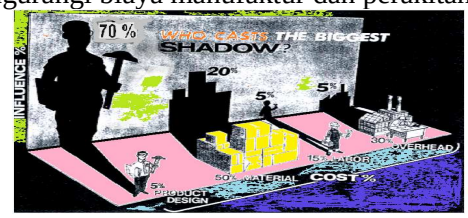
Pasar global yang sangat kompetitif dihadapi oleh sistem manufaktur modern. Tekanan ini memaksa produsen (*manufacturers*) menciptakan produk pada rentang waktu pendek dengan kualitas baik, tetapi dengan biaya yang rendah. Perusahaan manufaktur perlu memikirkan secara cermat desain produk agar tidak kalah bersaing di pasar global.

Pada gambar 2 ditunjukkan bagaimana waktu dengan metode DFMA pada tahap konsep perancangan terlihat lebih lama sedikit dibandingkan dengan tanpa DFMA, namun dapat mengurangi waktu keseluruhan proses [4].



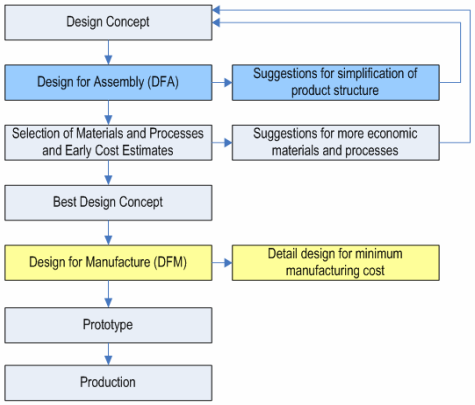
Gambar 2. Perbandingan waktu perancangan tanpa dan dengan DFMA.

Penerapan DFMA adalah suatu upaya yang banyak digunakan perusahaan manufaktur dalam meningkatkan kualitas produk tetapi dapat mengurangi ongkos produksi. Sebab ongkos produksi ditentukan oleh tahap desain sebesar 70% (lihat gambar 3). Olehkarena itu keputusan desain yang benar dapat secara dramatis bisa mengurangi biaya manufaktur dan perakitan.



Gambar 3. Pengaruh desain terhadap biaya proses secara keseluruhan.

Untuk menyederhanakan struktur produk yang dapat mengurangi biaya manufaktur dan perakitan serta untuk mengukur perbaikan yang akan dilakukan, maka DFMA dapat menjadi dasar tim desain. Selain itu dapat juga digunakan untuk mengukur kesulitan manufaktur serta perakitan dan mempelajari produk pesaing.



Gambar 4 Tahapan-tahapan teknik DFMA.[4]

Pada prinsipnya konsep DFA merupakan pemecahan masalah dalam proses perakitan pada tahap perancangan awal yang dapat memastikan bahwa semua komponen dapat di rakit pada kecepatan tinggi dan biaya rendah, sementara konsep DFM sangat memperhatikan proses manufaktur dalam tahap perancangan awal.Urutan tahapan DFMA dapat dilihat pada gambar 4.

Metode DFA menurut Boothroyd dan Dewhurst [4] mempertimbangkan beberapa hal diantaranya:

1. Menyiapkan alat yang bisa dipergunakan untuk memastikan produk yang dihasilkan tidak sulit untuk dirakit.
2. Menuntun perancang untuk menghasilkan produk yang tidak rumit dan dapat menurunkan biaya perakitan.
3. Mengumpulkan informasi berdasarkan pengalaman dalam bidang perakitan agar produk yang dirakit nyaman dipergunakan.
4. Membuat basis data yang berisi waktu perakitan dan faktor biaya yang mempengaruhi berbagai bentuk situasi desain dan kondisi produksi.

Perhitungan estimasi waktu perakitan didasarkan pada estimasi waktu *manual handling* dan *manual insertion* yang digunakan berdasarkan pada percobaan *Boothroyd* dan *Dewurst* yang ditampilakn berupa tabel. [4]

2.2.1 Efisiensi desain

Penilaian suatu desain atau rancangan dengan menggunakan kedua tabel *manual handling* dan *manual insertion* pada percobaan *Boothroyd* dan *Dewurst*, maka akan didapatkan tingkat efisiensi desain tersebut dengan rumus [4] :

$$E = NM.ta/TM$$

 ISBN : 978-979-17047-4-8

Dimana :

E - efisiensi desain

NM - jumlah part minimum teoritis

ta - waktu perakitan dasar tiap *part* (rata-rata diambil 3 detik)

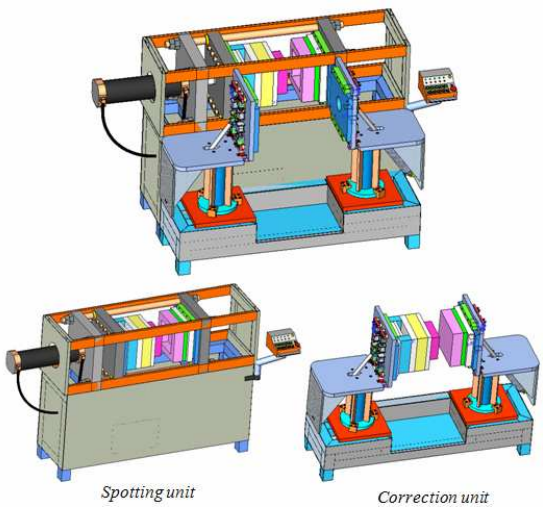
TM - jumlah waktu perakitan

2.2.2 Pemilihan material dan proses

Dalam penerapan metoda DFMA seorang perancang dituntut untuk memiliki pengetahuan akan bahan [5] dan proses pengerjaan [6], dimana dalam proses pengerjaan dituntut pula kemampuan untuk dapat memahami langkah kerja pengerjaan (*operations planning*). Pemilihan material dan proses disesuaikan dengan fungsi dan tuntutan teknis produk untuk mendapatkan harga bahan yang minimal dengan waktu proses dan biaya proses semurah mungkin.

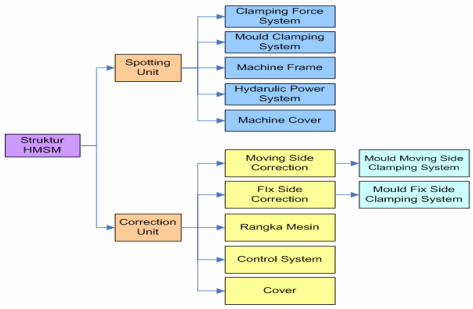
3. *Horizontal Mould Spotting Machine*

Hasil perancangan dengan menggunakan metode VDI 2222 yang berdasarkan kepada tuntutan produk [3], telah dihasilkan rancangan *horizontal mould spotting machine* seperti pada gambar 5, mesin ini terbagi dua unit besar yaitu *spotting unit* dan *correction unit.*



Gambar 5. *horizontal mould spotting machine*

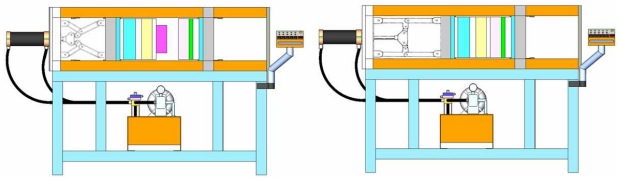
Dari hasil rancangan itu akan dilakukan penilaian efisiensi desain dengan menggunakan metode DFA, Untuk memudahkan didalam pemahaman rancangan *horizontal mould spotting machine* ini dibuat diagram strukturnya, seperti diperlihatkan pada gambar 6.



Gambar 6. Struktur *horizontal mould spotting machine*

3.1 *Spotting unit*

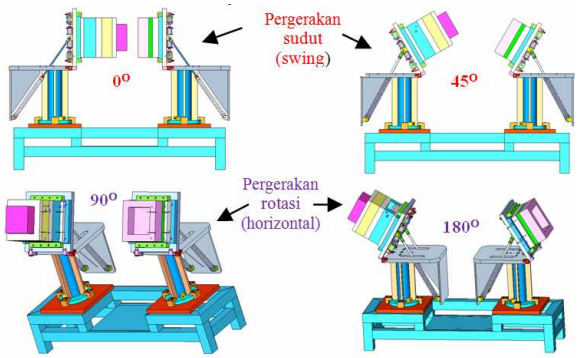
Pada *spotting unit* pergerakan *moving plate* akan mengarah ke kiri untuk membuka (*opening*) dan bergerak ke kanan untuk menutup (*closing*) dan melakukan proses penekanan mould (*spotting process*) seperti diperlihatkan pada gambar 7.



Gambar 7. *Spotting unit toggle clamping system*

3.2 *Correction unit*

Correction unit memiliki dua buah sub unit yang di desain dengan mempertimbangkan keergonomisan saat digunakan, satu sub *correction unit* dapat bergerak menyudut untuk merebahkan kedua sisi *mould* (*fix* dan *moving side*) yang sudah terpasang, sementara secara horizontal dapat berputar dan memiliki stopper pada sudut sudut istimewa (45°,90°,135° dan180^o) seperti diperlihatkan pada gambar 8.

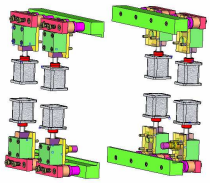


Gambar 8. *Correction unit* dengan pergerakannya.

 ISBN : 978-979-17047-4-8

3.3 *Moving and fix side mould clamping system.*

Untuk dapat memegang kedua sisi *mould* pada kedua unit mesin, telah disiapkan satu modul sistem khusus berjumlah 4 unit yang sama, ditempatkan pada *fix plate* dan *moving plate spotting unit.* Sementara itu pada *correction unit* dipasangkan juga unit di kedua *vertikal plate*.



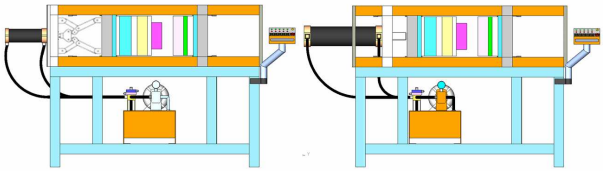
Gambar 9. *Moving and fix side clamping unit*

4. Hasil dan pembahasan

Pembahasan efisiensi desain dilakukan pada dua unit, yakni *spotting unit* dan *correction unit.* Selanjutnya akan di lihat sub unit yang dipandang memiliki sifat penting untuk di kaji. Desain yang akan dikaji pada *spotting unit* adalah *clamping system*, sedangkan pada *correction unit* adalah sistem penggerak sudut pelat pemegang *mould* (*moving and fix side mould holder*) dan konstruksi sub unit tiang (*correction unit column*).

4.1 *Spotting Unit*

Penilaian desain dengan DFA untuk sub *spotting unit* adalah pada *clamping system.*
Konstruksi *clamping system* sebelum DFA menggunakan konstruksi *toggle clamping*, lalu dengan DFA diperbaiki dengan memilih *cylinder clamping* (lihat gambar 10).



Gambar 10. *Spotting unit (toggle and cylinder clamping system)*

Pertama, dihitung efisiensi desain dengan menggunakan tabel percobaan *Boothroyd* dan *Dewurst* (tabel estimasi waktu *manual handling* dan tabel estimasi *manual insertion*). Hasil yang diperoleh disimpulkan pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil analisis DFA

SPOTTING UNIT dengan TOGGLE SISTEM CLAMP									
No	Nama bagian	Jumlah bagian		Manual					Waktu assy. (detik) (MH+MI)
				Handling (MH)		Insertion (MI)			
		Nyata	Teoritis	Kode	Waktu (detik)	Kode	Waktu (detik)		
1	Fixed Plate	1	1	9,9	9	0,0	1,5		10,5
2	Moving Plate	1	1	9,9	9	9,8	9		18
3	Guide Bush	4	0	1,5	9	9,8	36		45
4	Tie bar	4	0	9,9	36	9,9	48		84
5	Tie bar nuts	16	0	4,0	57,6	9,2	80		137,6
6	Support plate	1	1	9,9	9	9,8	9		18
7	Toggle lengan L	4	0	8,3	22,4	9,8	36		58,4
8	Toggle lengan I pjg	4	0	8,3	22,4	9,8	36		58,4
9	Toggle lengan I pdk	4	0	6,0	19,2	9,8	36		55,2
10	Pendorong Toggle	1	0	9,9	9	9,8	9		18
11	Dudukan lengan toggle	8	0	3,5	21,84	9,8	72		93,84
12	Pena lengan toggle	20	0	1,5	45	9,8	180		225
13	Silinder	1	1	9,9	9	9,9	12		21
14	Baut pengikat (23) M 8 x 40	32	0	6,0	153,6	3,8	192		345,6
15	Baut pengikat M12 x 40	4	0	6,0	19,2	3,8	24		43,2
	Total	105	4		451,24		780,5		1.231,74
			NM						TM
Efisiensi Desain =		3 x NM / TM	=	3,0 x 4,0 / 1.231,74				=	0,0097
Efisiensi =				0,97%					

Efisiensi desain *clamping system* menggunakan :
1. *Toggle clamping* diperoleh sebesar 0,97%
2. *Cylinder clamping* diperoleh sebesar 3,18%

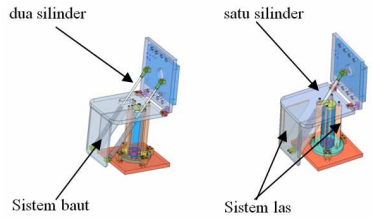
Selanjutnya dibuat tabel 2, yang memperlihatkan persentase nilai perbaikan rata-rata ditinjau dari sisi *assembly time, number of different parts* dan efisiensi desain.

Tabel 2. Perbandingan desain *spotting unit* sebelum dan sesudah DFA

Perbandingan desain *spotting unit* sebelum DFA dan setelah DFA			
	sebelum DFA	setelah DFA	*Improvement*
Assembly time (s)	1231,74	377,3	69%
Number of different parts	105	32	70%
efisiensi desain	0,97	3,18	228%
Rata-rata *Improvement*			122%

4.2 *Correction Unit*

Penilaian desain dengan DFA sub *correction unit* adalah pada konstruksi pergerakan sudut pemegang pelat vertikal dan konstruksi tiang.
Konstruksi pergerakan sudut sebelum DFA mengunakan dua silinder, diperbaiki menjadi satu silinder dengan dimensi lebih kecil. Konstruksi tiang sub *correction unit* sebelum DFA dengan sistem pembautan diperbaiki dengan sistem pengelasan [6]. Perbandingan desain diperlihatkan pada gambar 11.



Gambar 11. *Correction unit*

 ISBN : 978-979-17047-4-8

Efisiensi desain *correction unit* adalah :
1. Sebelum DFA adalah 4,21 %
2. Setelah DFA adalah 13,62 %

Selanjutnya dibuat tabel 3 yang memperlihatkan persentase nilai perbaikan (rata-rata) [3] ditinjau dari sisi *assembly time, number of different parts* dan efisiensi desain.

Tabel 3. Perbandingan desain *correction unit* sebelum dan sesudah DFA

Perbandingan desain *correction unit* sebelum DFA dan setelah DFA			
	sebelum DFA	setelah DFA	*Improvement*
Assembly time (s)	998,23	198,19	80%
Number of different parts	113	54	52%
efisiensi desain	**4,21**	**13,62**	**224%**
Rata-rata *Improvement*			119%

4.3 Pemilihan Material

Material *Spotting unit* dan *correction unit* secara umum adalah 1.0037 (*tensile strenght* σ_t = 36-51 kg_f/mm^2) [5]. Dengan gaya *Clamping force* sebesar 30 ton, dari hasil perhitungan dimana dimensi *Fix plate* dengan bahan 1.0037 harus memiliki ketebalan 80mm (safety factor = 2,38). Bagian-bagian khusus dipilih bahan sesuai tuntutan fungsi dan beban yang dihadapi, untuk *tie bar* dipilih bahan *case hardening steel* ekivalen dengan 1.1730 (*tensile strenght* σ_t = 60-75 kg_f/mm^2) dan untuk *tie bar bush* dipilih bahan tahan gesek dan dilakukan proses pengerasan penuh (*full hadening*) sampai kekerasan 55 HRc, yakni bahan 1.2510 atau AISI type 01 (*tensile strenght* σ_t = 169 kg_f/mm^2).
Material khusus pada *correction unit* diperlukan untuk *rotary plate* dan dipilih material 1.1730 dan bagian engsel dipilih bahan 1.2510 (58HRc). [6]

4.4 DFM

Hasil rancangan awal dan hasil perbaikan rancangan akan dinilai dari sisi harga proses desain sebelum dan setelah DFA dengan cara: menentukan langkah proses (*operation plan*) yang baik, mengestimasi waktu proses [6] dan menghitung biaya proses [6] menggunakan standar biaya proses yang berlaku di Polman Bandung. Data yang diperoleh dinyatakan dalam tabel 4 yang menyatakan data Harga Pokok Produk (HPP), khususnya HPP mesin.

Tabel 4. Data harga pokok produk (HPP)

NOMOR	KOMPONEN PENILAIAN	DATA HASIL PENILAIAN DAN PERHITUNGAN			
		Spotting Unit		*Correction Unit*	
		DFA		DFA	
		Sebelum	Setelah	Sebelum	Setelah
1	Jumlah komponen	105	32	133	54
2	Waktu assembling (det)	1.232	377,3	998,23	198,19
3	Efisiensi desain	0,97%	3,18%	4,21	13,62%
4	Estimasi biaya proses	10.030.000	7.965.000	17.400.000	16.850.000
5	Estimasi komponen std.	36.412.000	36.530.000	12.435.000	5.515.000
6	Estimasi harga bahan	9.162.000	7.872.000	5.100.000	5.568.000
7	4 set *mould clamping*	16105000	16105000	16105000	16105000
Estimasi HPP per unit		**55.604.000**	**52.367.000**	**34.935.000**	**27.933.000**
ESTIMASI HARGA POKOK PRODUK (HPP) *HORIZONTAL MOULD SPOTTING MACHINE* (HMSM)			Sebelum DFMA	Rp 106.644.000	
			Setelah DFMA	**Rp 96.405.000**	

5. Kesimpulan dan Saran

- Rancangan *Horizontal Mould Spotting Machine* hasil penerapan DFMA telah didapatkan hasil desain yang efisien.
- Estimasi HPP HMSM setelah penerapan DFMA adalah Rp. 96.405.000,- .
- Sistem kontrol sebaiknya di perbaiki dengan memakai kendali PLC dan memodifikasi pada *injection side* agar dapat di injeksi pada *first trial* dengan bahan lilin (ruang telah disediakan).

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu kelancaran penulisan journal ini, semoga menjadi 'Amal Shaleh. Amin...

Daftar Pustaka

[1] http://www.tempo.co/read/news/2010/10/19/173285658/Pertumbuhan-Penduduk-Indonesia-Mengkhawatirkan, diunduh jum'at 18mei 2012
[2] Johannaber, Friedrich, "Injection Molding Machine", (2008), Hanser, Munich.
[3] Ibrahim, Bustami., "Perancangan Mesin Pembuat Briket Batubara Sistem Tekan Tipe Piston (*Reciprocate*)", (2011) ITB , Bandung.
[4] Boothroyd, Geoffrey., Peter Dewhurst., & Winston Knight, "Product Design for Manufacture and Assembly", (1994), Marcel Dekker, New York.
[5] Kalpakjian, Serope. Dan Steven R. Schmid, "Manufacturing Processes for Engineering Materials", (2007), Prentice-Hall, New Jersey.
[6] Wuertemberger, Gerold, "Tabellenbuch Metall", (1985), Verlag Europa-Lehrmittel, Pforzheim.