

Aplikasi Metode *Design for Assembly* (DFA) dalam Rangka Perancangan dan Pengembangan Produk Studi Kasus pada Pengembangan Body Mobil Berbahan Komposit

I Made Londen Batan^{1, a *}, P. Rangga S.^{2, b}, dan Kholiq D. Radyanto^{3, c}

^{1,2,3} Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya - Indonesia

email: ^a londbatan@me.its.ac.id, ^b rangasantosa@gmail.com, ^c deliasgarin09@gmail.com

Abstrak

Perubahan material pada saat perancangan akan menyebabkan perubahan pada perancangan proses dan perakitan. Hal tersebut banyak dijumpai pada pengembangan kendaraan, baik kendaraan roda 4 maupun roda 2. Penggantian bahan asesoris dari logam menjadi material plastik atau komposit menyebabkan berat kendaraan lebih ringan, sehingga dapat menaikkan efisiensi mesin dan menurunkan konsumsi bahan bakar. Contoh perubahan rancangan akibat dari perubahan material banyak dijumpai pada body dan asesories sepeda motor, mobil, sepeda dan konstruksi bangunan. Dampak yang paling nyata dari perubahan diatas adalah adanya perubahan sistem dan proses serta jenis perakitan, yang harus disesuaikan dengan jenis material yang dirakit. Untuk itu dilakukan penelitian aplikasi metode design for assembly (DFA) pada perakitan komponen sebuah produk. Sebagai ilustrasi dari perancangan perakitan ditetapkan perakitan body dan chasis sebuah mobil pick-up. Sebagai langkah awal dihitung efisiensi desain perakitan dari body mobil dari pelat logam (material umum body mobil). Selanjutnya dirancang perakitan body mobil dari material komposit. Pada akhir langkah dilakukan evaluasi terhadap desain yang baru dengan menghitung efisiensi desain perakitan dan membandingkannya dengan efisiensi perakitan komponen logam. Dari kasus pengembangan mobil pick-up sebagai contoh, diketahui efisiensi desain perakitan body dari material komposit meningkat dari 20,52% menjadi 23,09%. Kenaikan efisiensi tersebut disebabkan, karena adanya pengurangan jumlah serta jenis komponen yang semula 88 menjadi 68 buah, pengurangan biaya perakitan menurun dari Rp. 4090,88 menjadi Rp. 2518,37 per detik, serta waktu produksi yang awalnya 1286 detik menjadi 883,2 detik.

Kata kunci: perancangan dan pengembangan produk, DFA, perakitan, efisiensi desain.

Latar belakang

Secara prinsip pengembangan sebuah produk selalu mengacu pada 3 aspek kualitas produk, yaitu aspek teknis (fungsi & spesifikasi), biaya dan waktu pembuatan. Aspek teknis menitikberatkan pada analisa kekuatan material, faktor keamanan, fungsional dan kenyamanan. Sedangkan aspek biaya dan waktu pembuatan berhubungan erat dengan aspek ekonomis. Kedua aspek tersebut sangat tergantung dari proses manufaktur dan perakitan [1]. Sebagai bagian awal dari proses pembuatan, perancangan sebuah produk menekankan pada aspek kualitas. Banyak masalah muncul bukan di awal, tetapi justru di akhir proses desain, dimana komponen yang dibuat telah memenuhi spesifikasi, tetapi tidak dapat dirakit, akibat dari urutan (*assembly line*) dan peralatan perakitan yang tidak tepat [1]. Demikian pula selanjutnya setelah dirakit komponen tidak memenuhi fungsinya. Hal ini disebabkan karena komponen yang dirakit (digabung) tidak sejenis, misalnya logam dengan non logam dan timbul getaran pada produk saat difungsikan, dan

bahkan komponen yang dirakit terlepas satu dari lainnya saat dioperasikan. Kasus tersebut banyak ditemui pada pengembangan alat transportasi, khususnya kendaraan bermotor, dimana beberapa bagian atau komponen kendaraan dibuat dari material non logam, seperti plastik, teflon, komposit atau karet. Pembuatan komponen dengan material non logam dimaksudkan untuk mengurangi berat kendaraan, agar efisiensi mesin dapat ditingkatkan (pemakaian bahan bakar dapat dikurangi). Hal yang tidak jauh berbeda banyak dilakukan pada pengembangan mobil, kendaraan roda dua atau tiga. Sejalan dengan pengembangan tersebut pemerintah, khususnya kementerian perindustrian berencana mengembangkan industri otomotif untuk membuat mobil murah pedesaan. Berdasarkan tujuan tersebut telah dirancang dan dibuat sebuah mobil pick-up dengan engine 650 cc. Rencananya mobil akan digunakan untuk angkutan pedesaan yang irit dan tenaga mesin cukup tinggi. Berdasarkan menimbangan, berat mobil pick-up yang dibuat saat ini hampir 900 kg, dimana berat rolling chasisnya

hampir 650 kg, sedangkan berat beban total maksimum yang dapat dipindahkan dengan mobil tersebut adalah 1500 kg. Agar mobil dapat memenuhi fungsinya, bisa mengangkut beban secara optimal, maka dilakukan pengembangan body mobil. Agar mobil menjadi ringan body mobil dirancang berbahan komposit. Sedangkan rolling chasis tetap dibuat dari logam (baja). Akibatnya timbul masalah perakitan, dimana material yang digabung tidak sejenis, dan menimbulkan masalah pada keamanan, kekuatan dan kenyamanan. Untuk mengatasi masalah kekuatan, hal yang umum dilakukan oleh industri manufaktur otomotif adalah mempertebal material baru (komposit), agar kuat menahan beban yang terjadi. Akibatnya berat produk dengan material komposit justru lebih berat dari pada material logam. Disamping itu dengan adanya perubahan material body, maka permasalahan lain yang timbul adalah bagaimana perakitan yang sesuai, agar body tetap tersambung diatas rolling chasis dengan aman dan tidak bergetar. Berbagai metode perakitan telah dikembangkan, salah satu metode yang sangat aplikatif dan ekonomis adalah metode perancangan untuk perakitan (*design for assembly – DFA*). Metode tersebut dapat membantu bidang manufaktur membuat produk kompetitif di pasar, tanpa mengurangi aspek teknis dan fungsional produk. Dengan kata lain metode DFA dapat menurunkan biaya pembuatan dan tetap mempertahankan kualitas, sehingga dapat meningkatkan daya saing produk [1, 2, 3, 4].

Metodologi

Metode perakitan yang digunakan pada penelitian ini adalah metode *Design for Assembly (DFA)*. Sebagai langkah awal dilakukan evaluasi terhadap produk eksisting. Evaluasi dilakukan dengan perhitungan efisiensi desain sambungan. Kemudian dikembangkan sistem dan jenis perakitan komponen dengan memperhatikan beberapa faktor, seperti: kemudahan perakitan, penurunan jumlah komponen dengan eliminasi komponen yang tidak perlu agar tidak *over design*, serta pertimbangan peralatan yang digunakan untuk proses perakitan. Dengan contoh produk perakitan body dan chasis mobil pick-up berbahan komposit, dihitung efisiensi rancangan perakitan, kemudian dibandingkan dengan desain efisiensi perakitan mobil yang ada. Dari perbandingan ini dapat diketahui, jenis proses pembuatan komponen, sistem dan model perakitan, serta peralatan untuk perakitan yang paling sesuai dengan kebutuhan (perakitan produk).

Perhitungan Efisiensi Desain Perakitan

Salah satu hal terpenting yang dilakukan dalam perancangan dan pengembangan produk dengan metode DFA adalah perhitungan efisiensi desain perakitan sebuah produk. Efisiensi desain perakitan adalah perbandingan antara waktu perakitan minimum teoritis dengan waktu perakitan sesungguhnya [4]. Efisiensi desain perakitan tergantung dari beberapa faktor, seperti: faktor kesulitan pemegangan, jumlah komponen, dimensi komponen, estimasi waktu dan biaya perakitan. Perhitungan efisiensi dari perakitan sebuah produk dapat memanfaatkan persamaan 1, yaitu:

$$E_{ma} = N_{min} \times \frac{t_a}{t_{ma}} \quad (1)$$

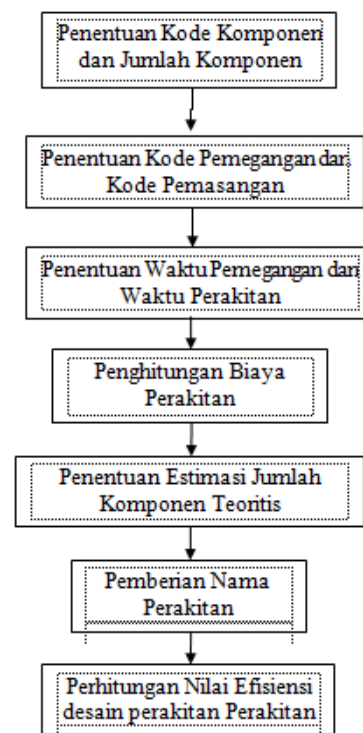
dimana:

N_{min} = Jumlah minimum komponen teoritis

t_a = Waktu minimum teoritis perakitan (3 detik)

t_{ma} = Waktu perakitan produk sebenarnya

Sedangkan langkah-langkah untuk perhitungan efisiensi desain perakitan sebuah produk dapat dilihat pada diagram yang ditunjukkan oleh gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir perhitungan efisiensi desain perakitan perakitan

Efisiensi Desain Perakitan Body Mobil (Lama)

Sesuai dengan diagram diatas sebagai langkah awal dari perhitungan efisiensi desain perakitan body mobil dengan rolling chasis, maka dilakukan

pengelompokan bagian (komponen), yaitu penggolongan dan deskripsi sambungan-sambungan antara chassis dan komponen pada body mobil, seperti terlihat pada gambar 2.



Gambar 2. Body mobil multiguna pedesaan

Seperti terlihat pada gambar 2, terdapat 8 bagian utama dari body mobil multiguna, yaitu top roof, kap, bumper, deck bawah, cross member, side door, dan deck belakang. Sedangkan topi (*crown*) sebagai pengarah gerakan angin (aerodinamis) di atas top roof belum terpasang. Untuk memudahkan aplikasi metode DFA, disusun bagian utama dan sub-bagian penyusun produk tersebut. Selanjutnya disusun lembar kerja efisiensi desain untuk masing-masing bagian (sub-bagian/komponen). Lembar kerja dilengkapi dengan kode dan jumlah komponen, kode dan waktu penmegangan, kode dan waktu pemasangan, waktu dan biaya operasi (perakitan), estimasi jumlah komponen teoritis (sama dengan jumlah komponen rancangan awal). Contoh lembar kerja untuk menghitung nilai efisiensi desain perakitan body (lama) dengan chassis mobil pick-up pedesaan terlihat pada tabel 1.

Tabel 1. Lembar Kerja Efisiensi Desain Mobil (produk eksisting)

Kode Komponen	Jumlah	Kode Pemasangan	Waktu Pemasangan Tiap Komponen	Kode Pemasangan	Waktu Pemasangan Tiap Komponen	Waktu Operasi	Biaya Operasi	Estimasi Jumlah Komponen Teoritis	Nama Perakitan	Keterangan
1.1	1	88	6.35	96	12	18.35	58.353	1	deck bawah	pengelasan
	10					176.5	561.27	10	sub perakitan	
1.2	1	83	5.6	92	5	10.6	33.708	1	bumper	mur baut
	11					129.9	413.082	11	sub perakitan	
1.3	1	83	5.6	98	9	14.6	46.428	1	kap	sekal, mur baut, Hook lock
	8					136.6	434.483	8	sub perakitan	
1.4	2	83	5.6	92	5	21.2	67.416	2	sidemember	mur baut
	14					158	502.313	14	sub perakitan	
1.5	2	88	6.35	98	9	30.7	97.626	2	pintu	mur baut, pengelasan, hood lock
	12					177.2	563.496	12	sub perakitan	
1.6	1	88	6.35	96	12	18.35	58.353	1	dek belakang	pengelasan, riveting
	7					113.5	360.93	7	sub perakitan	
1.7	1	83	5.6	96	12	17.6	55.968	1	atap	pengelasan
	10					178.5	567.63	10	sub perakitan	
1.8	1	88	6.35	92	5	11.35	36.093	1	crown	mur baut
	6					73.5	233.73	6	sub perakitan	
	88					1286	4090.88	88	BODI MOBIL	

Dengan memanfaatkan persamaan perhitungan efisiensi desain perakitan untuk produk single untuk perakitan secara berurutan (seri), dihitung desain efisiensi perakitan produk eksisting, seperti:

$$E_{ma} = N_{min} \times \frac{t_a}{t_{ma}}$$

$$E_{ma} = 88 \times \frac{3s}{1286}$$

$$E_{ma} = 0,2052 = 20,52 \%$$

Dari hasil perhitungan dan isian tabel 1, dapat diketahui hal-hal penting pada perakitan body mobil multiguna yang ada sebagai berikut :

- Jumlah komponen : 88
- Waktu perakitan : 1286 detik
- Biaya Perakitan : Rp 4090,88
- Efisiensi desain perakitan : 20,52 %

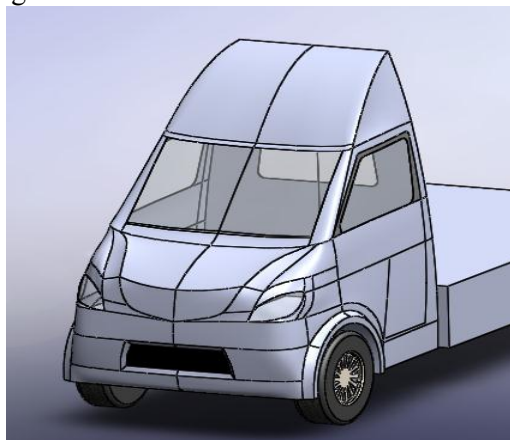
Pengembangan Body Dengan Bahan Komposit

Secara prinsip perubahan bentuk body mobil harus disesuaikan dengan aspek aerodinamis, sehingga dapat meningkatkan kenyamanan, dan efisiensi mesin [6]. Selain tetap memenuhi persyaratan teknik (kekuatan, keamanan dan fungsional), perubahan material body mobil ditujukan untuk memenuhi beberapa kebutuhan, seperti:

- mendapatkan bobot mobil yang lebih ringan
- mempermudah perancangan untuk manufaktur dan perakitan

- o membuat bentuk dengan berbagai variasi sesuai dengan kebutuhan.

Berdasarkan atas tujuan dan kebutuhan tersebut diatas, maka dilakukan perubahan bentuk dan material body mobil pick-up. Perubahan bentuk body harus memenuhi aerodinamika tertentu dengan menghitung koefisien gaya drag yang timbul pada saat mobil meluncur diatas jalan. Sedangkan perubahan material dilakukan dengan mengganti material body dari pelat menjadi komposit. Hal ini didasarkan atas aspek ketersediaan, kekuatan, mampu bentuk, proses manufaktur dan perakitan dari material tersebut yang mudah dipenuhi. Sesuai dengan metode DFA, body mobil yang baru dirancang memiliki lebih sedikit jumlah komponen dan jenis sambungannya. Seperti halnya pada kajian produk eksisting, analisa perakitan body mobil dilakukan terhadap 8 komponen utama mobil, yaitu pada komponen deck bawah, bumper, kap, cross member, pintu, deck belakang, atap, dan topi (crown). Secara prinsip dimensi body tidak banyak berubah, kecuali pada lebar kabin, bentuk bumper dan bentuk crown. Rancangan body mobil pick-up multiguna pedesaan berbahan komposit dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Alternatif desain *body* mobil pick up multiguna pedesaan

Setelah dilakukan analisa kebutuhan akan body mobil yang aerodinamis, kuat dan aman serta kabin yang ergonomis dan kapasitas untuk seorang sopir dan 2 orang penumpang, dimensi body mobil pick-up yang baru sedikit berubah. Data-data lengkap dari rancangan mobil pick-up pedesaan dapat dilihat pada tabel 2.

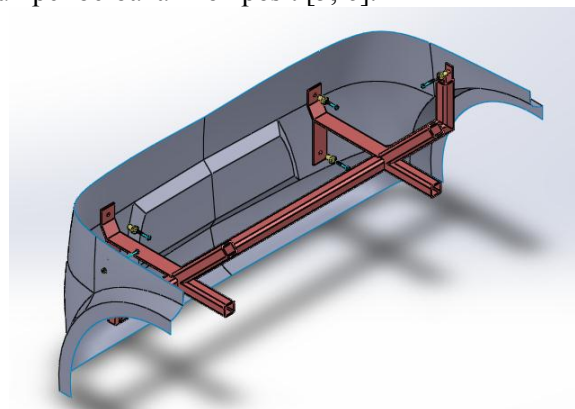
Tabel 2. Dimensi mobil *pick up* multi guna pedesaan

Lebar Total	1440 mm
Jarak Sumbu Roda	2435 mm
Tinggi Kendaraan	1930 mm
(tanpa ground)	

clearance)	
Ground clearance	250 mm
C_d (Tanpa <i>Box/Flat bed</i>)	0,494
C_d (Dengan <i>Box</i>)	0,502

Perubahan Sambungan Body Mobil

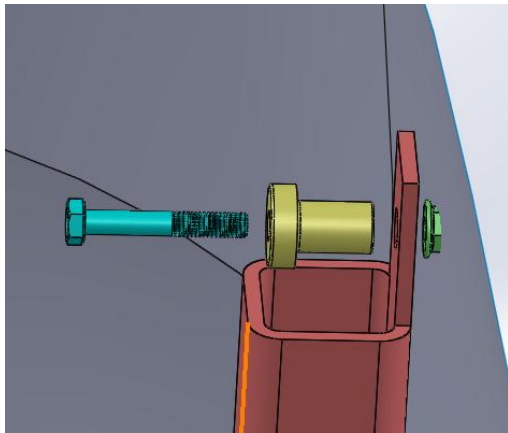
Sesuai dengan metode DFA, ada 3 jenis perakitan dasar yang digunakan untuk perakitan sebuah produk, yaitu penanganan (*handling*) penyisipan (*insertion*) dan penggabungan (*joining*). Namun demikian, dalam praktek perakitan dilengkapi dengan pengancingan (*fastening*) [4]. Perubahan perakitan dari *body* dan *chassis* dilakukan pada 8 bagian utama dan sub-bagiannya masing-masing (*subassembly*). Setiap bagian yang ada memiliki jenis sambungan sub-bagian (komponen) yang berbeda-beda. Secara prinsip sambungan dengan dua jenis material yang berbeda sebaiknya dihindari. Namun demikian karena alasan kekuatan serta konstruksi, maka jenis material yang berbeda bisa dilakukan, asalkan sambungan dirancang sedemikian rupa, sehingga tidak ada getaran yang diteruskan oleh komponen yang tersambung, sambungan kuat menahan gaya yang terjadi serta dari aspek perakitan dapat dilakukan penyambungan. Contoh berikut adalah perubahan sambungan las (*spot welding*) yang umum digunakan untuk sambungan pelat pada mobil lama diganti dengan mekanisme pemasangan baut, yang disisipkan pada *bushing* pada perakitan bumper berbahan komposit dengan rolling chasis dari logam, seperti terlihat pada gambar 4. Pada sistem pengikat fungsi mur akan lebih mengefektifkan waktu dan kemudahan perakitan karena tertanam pada bumper berbahan komposit [5, 6].



Gambar 4. Rancangan sambungan frame mounting dan bumper

Mekanisme sambungan mur baut yang dilengkapi dengan *bushing* untuk menghindari getaran pada sambungan, dapat dilihat pada gambar 5. Secara

umum jika body mobil terbuat dari komposit, maka sistem penyambungannya dengan rolling chasis dapat memanfaatkan sambungan mur baut dengan bushing.



Gambar 5. Mekanisme sambungan (mur baut & bushing) pada bumper komposit

Efisiensi Desain Perakitan Body Mobil Baru

Seperti halnya perhitungan efisiensi desain perakitan body mobil dengan chasis sebelumnya, langkah awal dari perhitungan efisiensi rancangan produk baru membutuhkan lembar kerja perhitungan efisiensi desain perakitan, seperti yang dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Lembar Kerja Efisiensi Desain (baru)

Kode Komponen	Jumlah	Kode Pengembangan	Waktu Pengembangan Tap Komponen	Kode Pemasangan	Waktu Pemasangan Tap Komponen	Waktu Operasi	Biaya Operasi	Estimasi Jumlah Komponen Teoritis	Nomor Perakitan	Keterangan
1.1	1	88	6.35	96	12	18.35	58.353	1	deck bawah	pengelasan
	8					117.2	372.696	8	sub perakitan	
1.2	1	83	5.6	92	5	10.6	33.708	1	bumper	mur baut
	9					182.6	290.334	9	sub perakitan	
1.3	1	83	5.6	98	9	14.6	46.428	1	kap	engsel mur baut. Hook lock
	7					79.93	254.177	7	sub perakitan	
1.4	2	83	5.6	92	5	21.2	67.416	2	sidemember	mur baut
	12					108.5	344.903	12	sub perakitan	
1.5	2	8.3	5.6	98	9	30.7	97.626	2	pintu	mur baut, pengelasan, hood lock
	8					83.8	266.484	8	sub perakitan	
1.6	1	88	6.35	96	12	18.35	58.353	1	dek belakang	pengelasan, riveting
	4					53.9	171.402	4	sub perakitan	
1.7	1	83	5.6	96	12	17.6	55.968	1	atap	pengelasan
	5					70.7	224.826	5	sub perakitan	
1.8	1	88	6.35	92	5	11.35	36.093	1	crow	mur baut
	5					43.9	139.602	5	sub perakitan	
	68		Jumlah			883.2	2518.37	68	Rangka	

Efisiensi desain perakitan dihitung dengan persamaan 1, yaitu:

$$E_{ma} = N_{\min} \times \frac{t_a}{t_{ma}}$$

$$E_{ma} = 68 \times \frac{3s}{883.2}$$

$$E_{ma} = 0,2309 = 23,09 \%$$

Berdasarkan tabel 3, maka dapat diketahui beberapa hal penting pada perakitan body mobil dengan bahan komposit dengan chasis logam (baja), seperti:

- Jumlah komponen : 68
- Waktu perakitan : 883.2 detik
- Biaya Perakitan : Rp 2518.37
- Efisiensi desain perakitan : 23.09 %

Selanjutnya kedua hasil evaluasi perakitan body mobil pick-up dengan rolling chasis dibandingkan, dan hasilnya dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan Hasil Efisiensi desain perakitan

No.	Uraian	Sebelum Pengembangan	Setelah Alternatif Desain
1	Efisiensi desain	20.52 %	23.09 %
2	Jumlah Komponen	88	68
3	Waktu Perakitan	1286 detik	883.2 detik
4	Biaya Perakitan	Rp. 4090.88	Rp. 2518,37

Dari tabel 4, terlihat jelas, bahwa efisiensi desain perakitan meningkat sebesar 2,57 %. Peningkatan efisiensi desain perakitan tersebut akibat adanya pengurangan jumlah komponen sebanyak 20 buah, dan penurunan waktu perakitan sebesar 402,8 detik. Karena waktu perakitan lebih cepat, maka biaya perakitan berkurang sebanyak Rp. 1580,51. Dari uraian diatas, terlihat, bahwa perubahan waktu perakitan dipengaruhi oleh cara pemegangan, kemudahan pemasangan, dan letak penyisipan, serta penggabungan beberapa komponen menjadi sebuah komponen utama yang terintegrasi.

Kesimpulan

Berdasarkan perhitungan efisiensi desain yang telah dilakukan, maka metode DFA dapat membantu perancangan dan pengembangan produk, khususnya untuk mengevaluasi desain perakitan sebuah produk. Pada contoh kasus pengembangan body mobil pic-up terlihat, bahwa desain efisiensi perakitannya meningkat 2,57%, yaitu dari 20,52% menjadi 23,09%. Metode tersebut dapat dimanfaatkan sebagai langkah evaluasi sebuah alternatif perancangan dan pengembangan sebuah produk.

Referensi

- [1]. I Made Londen Batan, Desain Produk, Edisi I, Widya Guna, Surabaya, 2012.

- [2]. Karl T. Ulrich, Steven D. Eppinger, Product Design and Development, Mc-Graw-Hill, Inc, 2002.
- [3]. Mazumdar, Sanjay K., Composites manufacturing: material, product, and process engineering, CRC Press LLC, USA, 2002.
- [4]. G. Boothroyd, P. Dewhurst, W. Knight, Product Design For Manufacture and Assembly. Second edition. Marcel Dekker, Inc. USA, 2002.
- [5]. Richard Crowson, Assembly Processes Finishing, Packaging, and Automation, Taylor and Francis Group LLC, 2006.
- [6]. A. Tonoli, M. Lorenzo, R.R. Lorenzo and P. Giuseppe, The Automotive Body Volume I Components Design, Springer, 2011.
- [7]. John Corbett, Mike Dooner, John Meleka , Christopher Pym, Design for Manufacture – Strategies, Principles and Techniques, Addison-Wesley Publishing Company, England, Wokingham, Tokyo, 1991.