

ANALISIS TEGANGAN PLATFORM MOBIL LISTRIK CROSS OVER

Tarsisius Kristyadi⁽¹⁾, Iwan Agustiawan⁽¹⁾, Liman Hartawan⁽¹⁾, Tito Santika⁽¹⁾, Alexin⁽¹⁾, Mario R⁽²⁾

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Nasional Itenas Bandung
J1. PHH. Mustafa No.23 Bandung 40124

²PT.Betrix Indonesia, Bandung
e-mail :kristyadi@gmail.com

Abstrak

Pengembangan mobil listrik nasional saat ini sedang digencarkan oleh pemerintah. Berbagai usaha telah dilakukan baik oleh instansi pemerintah maupun swasta. Institut Teknologi Nasional (ITENAS_ Bandung sebagai institusi pendidikan juga akan berpartisipasi dalam kegiatan ini dengan bekerja sama dengan perusahaan swasta yang mengembangkan kendaraan listrik yaitu PT. Betrix Indonesia. PT. Betrix Indonesia saat ini diberi kepercayaan oleh pemerintah untuk berperan dalam mengembangkan mobil listrik nasional. Tahapan yang telah dilakukan oleh PT Betrix saat ini adalah riset pengembangan dalam hal desain platform, desain body dan kontrol system. Dalam perjalanannya ITENAS dan PT. Betrix Indonesia telah membuat MOU untuk mengembangkan kendaraan listrik dan sebagai tindaklanjutnya sudah dilaksanakan kegiatan penelitian bersama. Kemenristek juga sudah merekomendasikan kepada ITENAS dan PT Betrix Indonesia untuk melakukan penelitian dan pengembangan dalam hal : desain Floor Pan, platform dan desain body untuk mobil listrik nasional berbasis CROSS OVER. Diharapkan dengan penelitian dan pengembangan ini akan tercipta mobil listrik dengan platform CROSS OVER yang tangguh dengan nilai ekonomis yang memadai. Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian untuk pengembangan mobil listrik nasional dengan target prototype mobil listrik dengan platform CROSS OVER yang cocok untuk berbagai medan. Konsentrasi dari penelitian ini adalah pengembangan chasis yang sesuai dengan karakteristik CROSS OVER. Pemodelan dan analisis menggunakan software Solid Work dan dari analisis dapat disimpulkan bahwa sistem platform semi solid lebih cocok untuk Platform Cross Over sedangkan sistem suspensi menggunakan Macperson and Strut serta steering menggunakan rack and pinion.

Kata Kunci : cross over, mobil listrik, platform, chasis, kendaraan

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi kendaraan listrik pada era sekarang ini semakin cepat berkembang. Banyak hal yang menyebabkan para ahli meneliti kendaraan Listrik. Beberapa Institusi pemerintah yang sedang mengembangkan kendaraan listrik antara lain Kemenristek, LIPI dan Departemen Perindustrian, serta Kemdiknas melalui perguruan tinggi. Sedangkan salah satu perusahaan swasta yang saat ini mengembangkan kendaraan listrik adalah PT. Betrix Indonesia.

Penjajakan kerjasama antara PT.Betrix Indonesia dan Institut Teknologi Nasional

(ITENAS) dimulai pada akhir 2003 yang dimulai dengan evaluasi bersama serta kolaborasi desain. Kerjasama tersebut terus berlanjut hingga saat ini terutama dalam hal desain produk kendaraan listrik.

Penelitian mengenai mobil listrik dalam kerjasama ini difokuskan pada :

1. Desain Floor Pan
2. Platform (Chasis)
3. Desain Body

Penelitian tersebut mengarah pada Safety (struktur), Power Weight Rasio, Servis Ability, Modular Ability, Heat Dissipation dan weight distribution serta kemampuan jarak tempuh. Diharapkan dengan penelitian

dan pengembangan ini akan tercipta mobil listrik dengan platform CROSS OVER yang tangguh dengan nilai ekonomis yang memadai dan dapat diproduksi dalam negeri. Paper ini fokus pada pengembangan platform (chasis) mobil listrik dengan basis Cross Over. Hal yang ditonjolkan adalah desain platform yang mempunyai sifat *maintenanceability* yang baik yang dicirikan dengan proses pemeliharaan baterai yang mudah. Selain itu platform yang dikembangkan adalah platform yang khusus untuk mobil listrik yang siap dipasarkan secara komersial, tidak mengadopsi chasis mobil berbahan bakar minyak.

2. Pemodelan Platform

Platform merupakan salah satu bagian penting pada pada mobil (tulang punggung) harus mempunyai konstruksi kuat untuk menahan atau memikul beban kendaraan. Semua beban dalam kendaraan baik itu penumpang, mesin, sistem kemudi, dan segala peralatan kenyamanan semuanya diletakan di atas platform. Oleh karena itu setiap konstruksi platform harus mampu untuk menahan semua beban dari kendaraanya. Platform adalah suatu struktur yang ujung-ujungnya disambung kaku (las atau lebih dari satu). Semua batang yang disambung secara kaku (jepit) mampu menahan gaya aksial, gaya normal, dan momen. Elemen platform merupakan elemen dua dimensi dan kombinasi antara elemen *truss* dan *beam*, sehingga ada tiga macam simpangan pada setiap titik nodal yaitu simpangan horisontal, vertikal, dan rotasi.

Kriteria desain platform pada mobil listrik berbasis crossover adalah mempunyai konstruksi yang sederhana, terdiri dari bagian yang membujur dan melintang. Bagian yang membujur umumnya untuk mengikat bagian yang melintang agar konstruksi *chasis* lebih kokoh dan kuat menahan beban. Agar dapat

berfungsi sebagaimana mestinya, platform harus memenuhi beberapa persyaratan, diantaranya :

- a. Kuat dan kokoh, sehingga mampu menopang mesin beserta kelengkapan kendaraan lainnya, menyangga penumpang maupun beban tanpa mengalami kerusakan atau perubahan bentuk.
- b. Ringan, sehingga tidak terlalu membebani mesin (meningkatkan efektivitas tenaga yang dihasilkan mesin).
- c. Mempunyai nilai kelenturan atau *fleksibilitas*, yang berfungsi untuk meredam getaran atau guncangan berlebihan yang diakibatkan tenaga yang dihasilkan mesin maupun akibat kondisi jalan yang buruk

Desain platform mobil listrik sebagai objek penelitian dengan menekankan pada subjek *displacement*, *stresses* dan *safety factor* pada konstruksi rancangan platform mobil listrik menggunakan *software Solid Work*. Pembebanan struktur platform mobil listrik diasumsikan. Beban yang bekerja pada struktur platform mobil listrik berasal dari beban tumpuan pada ayunan kaki-kaki untuk ban dan beban pada lubang dudukan sock absorber.

Terdapat tiga jenis variable yang menjadi atribut dalam pemodelan yang dilakukan, yaitu :

Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang mempengaruhi (penyebab). Variabel dalam penelitian ini tentunya akan menggunakan beberapa aplikasi yang ada di *Solid Work* sebagai alat untuk menggambar konstruksi *system platform* mobil listrik sebagai bahan awal pada pengujian dan material yang akan digunakan pada platform mobil listrik, pada pengujian konstruksi platform mobil listrik

harus diberikan beban yang telah dihitung secara mekanik kemudian akan dilanjutkan perhitungan secara komputer.

Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel akibat. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah perancangan platform mobil listrik menggunakan software 3D *Solid Work*, pada variable terikat ini dimana pengujian platform mobil listrik akan diuji dan pada pengujian tersebut akan dikasihkan sebuah beban yang telah dihitung secara komputer yang menggunakan *software Solid Work* bertujuan untuk mengetahui hasil *structural displacement, stress, safety factor* dan kekuatan bahan pada konstruksi platform mobil listrik.

Variabel Kontrol

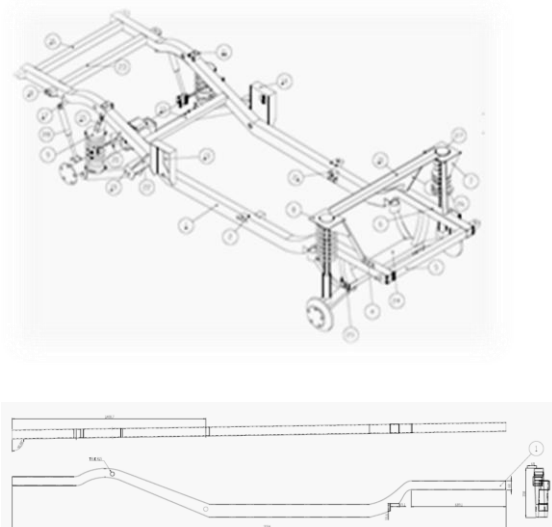
Variabel kontrol adalah variabel yang secara teoritis keberadaannya dapat mempengaruhi secara langsung sebab-akibat antara variabel bebas dan variabel terikat yang menjadi pokok permasalahan dalam penelitian. Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui hasil perubahan pada saat proses pengujian secara komputer menggunakan *software Solid Work*, apabila pada proses pengujian terjadi error maka dibutuhkan perhitungan kembali.

Metode pengumpulan data yang digunakan yaitu metode penelitian dan pengembangan (*Research and Develpoment*), yang mana pengambilan data didasarkan pada hasil pengukuran. Sedangkan untuk pemodelan sistem dan komponen digunakan software *Solid Work*. Aplikasi yang ada di *Solid Work* sebagai alat untuk menggambar konstruksi *system platform* sebagai bahan awal untuk dilakukan pengujian secara software.

Asumsi digunakan untuk memudahkan penelitian dalam melakukan analisis.

Adapun material yang dipilih pada perancangan platform mobil listrik yaitu menggunakan bahan matrial ST37 memiliki baja karbon yang rendah, dimana pada komposisi karbon rendah digunakan untuk bodi mobil, bangunan, paku keling dan pipa, karena sifat baja karbon rendah itu sendiri sangat mudah dibentuk.

Selain platform sebagai penunjang juga dirancang komponen dari sistem platform. Pada perancangan komponen mobil listrik dibagi 3 konsep perancangan yaitu perancangan *rear part* pada sistem suspensi belakang dan sistem penggerak, perancangan *front part* yaitu merancang bagian sistem suspensi depan dan sisitem kemudi, dan perancangan platform yaitu merancang rangka sebagai tulang punggung yang baru harus mempunyai kontruksi kuat untuk menahan atau memikul beban kendaraan. Semua beban dalam kendaraan baik itu penumpang, mesin, sitem kemudi, dan segala peralatan kenyamanan semuanya diletakan di atas rangka. Oleh karena itu setiap kontruksi rangka harus mampu untuk menahan semua beban dari kendaraanya. Berikut ini adalah bentuk (model) platform (chasis) mobil listrik jenis cross over yang dikembangkan.



Gambar 1 Model platform

Gambar tersebut menunjukkan serangkaian rangka chasis yang dilengkapi dengan sistem suspensinya. Pada analisis ini tegangan dan regangan dianalisis struktur utamanya saja.

3. Persamaan Dasar

Suatu struktur benda atau daerah yang dianalisis dilakukan dengan cara membagi struktur menjadi sejumlah besar bentuk yang dinyatakan sebagai elemen. Elemen dapat berupa garis lurus, segi tiga, segiempat, tetrahedral dan quadrilateral. Diskritisasi menghasilkan sejumlah elemen dan simpul. Simpul diberi nomor demikian pula elemen sehingga diperoleh informasi elemen. Pengolahan elemen dan simpul mengarah pada pembentukan matriks kekakuan. Dalam penelitian ini elemen yang digunakan adalah elemen segitiga. Elemen-elemen tersebut digabungkan dan membentuk matriks kekakuan (7):

$$\{F\} = [K]\{d\} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana:

$\{F\}$ = Matriks kolom gaya dan momen pada nodal elemen

$[K]$ = Matriks kekakuan elemen

$\{d\}$ = Matriks kolom berisi perpindahan translasi nodal elemen.

Berlaku kesetimbangan gaya untuk setiap elemen yang ditunjukkan pada matriks kekakuan sebagai berikut:

$$\begin{Bmatrix} f_{1x} \\ f_{2x} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} k & -k \\ -k & k \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} d_{1x} \\ d_{2x} \end{Bmatrix} \dots\dots\dots(2)$$

Dalam analisis ini juga melibatkan elemen simpleks yaitu fungsi interpolasi dalam bentuk polynomial. Elemen simpleks merupakan pendekatan yang dilakukan dengan polinomial yang terdiri dari term (suku) konstan dan term linier. Banyaknya koefisien dalam polinomial sama dengan dimensi dari koordinat ruang yang ada ditambah satu.

4. Algoritma Analisis

a. Penentuan Sifat Material

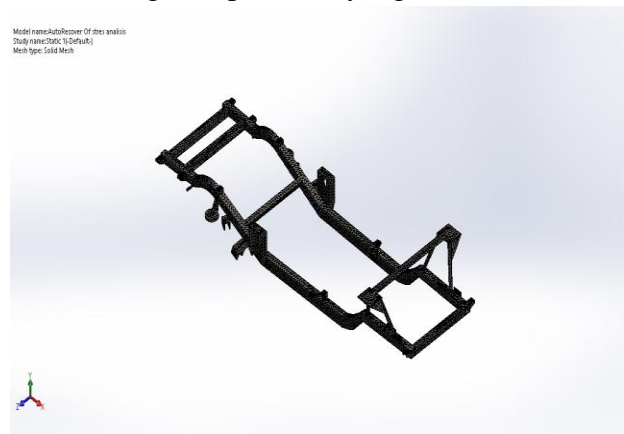
Seperti dijelaskan di bagian atas bahwa material yang digunakan adalah AISI 310 SS. Material ini memang dipilih berdasarkan sifat-sifat yang dibutuhkan pada mobil listrik cross over. Karakteristik material ini sesuai dengan standar yang ada.

b. Dimensi

Dimensi platform sesuai yang ditunjukkan pada gambar 1.

c. Penentuan mesh

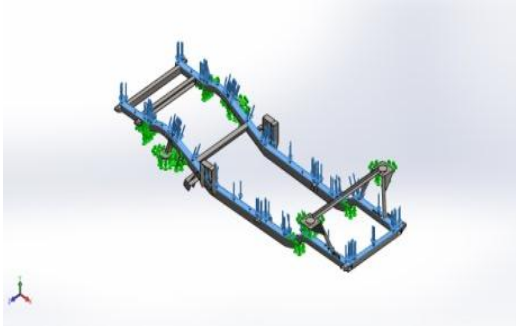
Yaitu menentukan grid atau pembagian elemen dari platform. Berikut ini adalah meshing dari platform yang di analisa.



Gambar 2. Pembuatan grid (meshing)

d. Pembebanan

Beban ditentukan berdasarkan beban yang akan diterima ketika mobil beroperasi namun masih bersifat statis yaitu beban rangka dan body, beban baterai, beban motor listrik dan transmisinya, beban penumpang yang terdiri dari 7 penumpang dan beban komponen lain. Gambar berikut merupakan distribusi pembebanan pada platform



Gambar 3 Simulasi pembebanan pada platform

- e. Penentuan tegangan, regangan dan defleksi terutama pada titik-titik kritis.

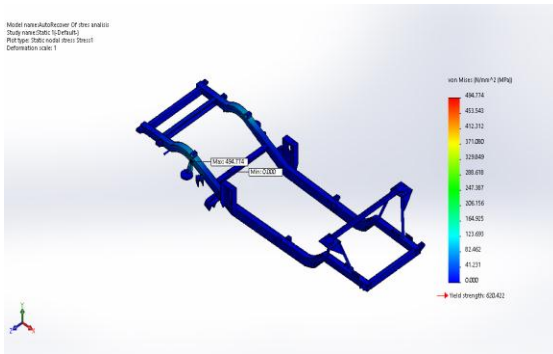
5. Hasil Analisis

Berikut ini dipaparkan hasil analisa menggunakan Solid Work.

a. Tegangan Von Misses

Tegangan Von Misses merupakan tegangan static yang dihitung berdasarkan pembebanan static.

Hasil tegangan static dapat dilihat pada gambar berikut.



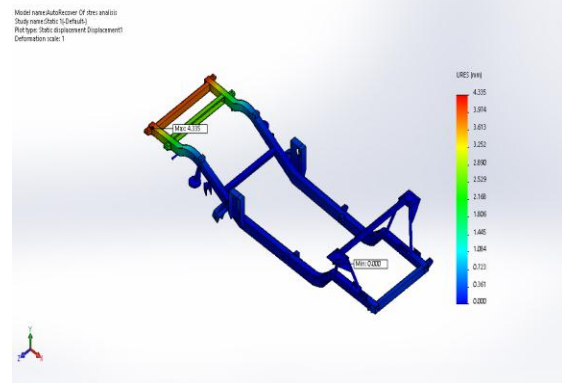
Gambar 4. Distribusi tegangan Von Misses

Dari tersebut di atas dapat diketahui bahwa tegangan maksimum terpadu pada bagian belakang platform, yaitu pada tumpuan gardan belakang. Hal ini disebabkan bahwa konsentrasi beban sebagian besar berada

pada bagian belakang. Pembebanan paling besar pada bagian itu adalah motor listrik beserta gardannya. Selain itu beban penumpang dan sebagian baterai ada di bagian belakang. Dari gambar, harga tegangan tertinggi yang terjadi pada platform ditunjukkan oleh warna biru muda. Sedangkan bagian lain berwarna biru tua. Pada bagian biru muda tegangan yang terjadi adalah 165 MPa. Pada bagian depan tegangan reaktif rendah karena beban yang diterima platform hanyalah baterai dan penumpang serta platform itu sendiri.

b. Defleksi

Penentuan deflkesi berguna untuk mengetahui bagian mana yang akan mempunyai defleksi tertinggi. Selain itu juga berfungsi untuk merancang ulang dan memperbaiki rancangan guna mendapatkan rancangan plaform yang optimum. Berikut ini adalah hasil perhitungan defleksi platform dengan menggunakan Solid Work



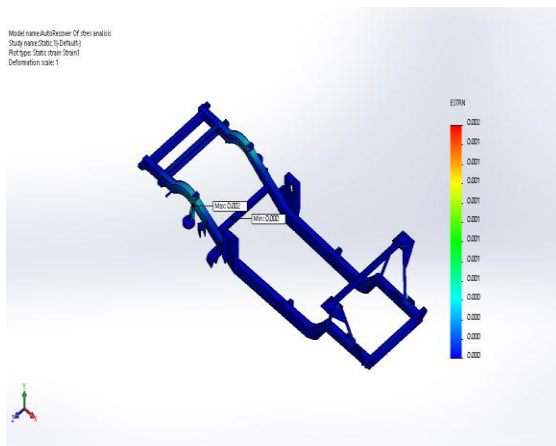
Gambar 5 Distribusi defleksi pada platform

Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa defleksi maksimum terjadi pada bagian belakan platform. Hal ini disebabkan bahwa beban tertinggi terjadi pada bagian belaknag sedangkan tumpuan dibagian paling belakang tidak ada. Jarak penumpu beban ke ujung platform kurang lebih 65 cm. Defleksi maksimum yang terjadi pada platform

ditunjukkan dengan warna orange yaitu sebesar 3.9 mm. Defleksi sebesar itu dinilai masih aman. Sedangkan pada bagian berwarna hijau muda defleksinya adalah 2.1 mm. pada bagian tengah dan bagian depan defleksi yang terjadi cukup kecil di bawah 1 mm.

c. Regangan

Salah satu parameter untuk mengetahui performance dari platform adalah nilai regangan pada titik yang dianalisis. Berikut ini adalah distribusi regangan yang terjadi pada platform. Dari gambar tersebut terlihat bahwa regangan terbesar terjadi pada bagian belakang platform yaitu disekitar titik penumpu roda bagian belakang.



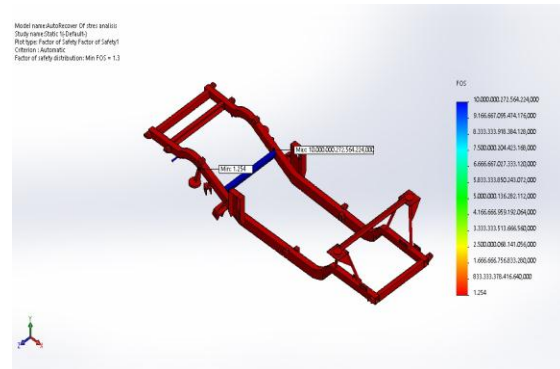
Gambar 6. Distribusi regangan pada platform

Besarnya regangan maksimum pada platform adalah 0.00025. Hal ini membuktikan bahwa regangan yang terjadi pada platform cukup kecil.

d. Faktor Keamanan

Perhitungan faktor keamanan berfungsi untuk menentukan layak atau tidaknya platform yang dibuat untuk digunakan sebagai platform kendaraan. Faktor

keamanan di atas 1 menunjukkan bahwa platform ini aman dan bisa digunakan. Berikut ini distribusi faktor keamanan pada platform



Gambar 7 Distribusi faktor keamanan pada platform.

Dari gambar tersebut terlihat bahwa pada struktur utama platform cenderung merata yaitu sebesar 1.8. Hanya ada bagian tertentu yang faktor keamanannya tertinggi di atas 100 yaitu bagian yang berwarna biru. Hal ini menunjukkan bahwa sebenarnya bagian yang berwarna biru bisa dihilangkan. Dan Faktor keamanan rata-rata 1.8 sudah cukup memenuhi syarat bagi platform.

6. Diskusi

Pada dasarnya ada beberapa jenis platform (chasis) yang bisa digunakan untuk mobil listrik jenis cross over. Yang pertama adalah jenis perimeter. Platform jenis perimeter ini merupakan konstruksi yang cukup ringan dibandingkan dengan platform jenis platform tangga atau platform jenis *cruciform*. Hal ini membuat bodi kendaraan memberikan beberapa kekuatan yang diperlukan. Ciri-ciri utama bentuk ini adalah :

1. Platform sisi membentuk bulat pada bodi luar, pada bagian luar roda depan menyempit dengan bagian roda belakang.
2. Platform silang tidak digunakan pada bagian tengah platform, hal ini membuat ruang penumpang lebih besar

Penggunaan platform jenis ini pada mobil listrik setelah dianalisis cukup menyulitkan dalam penempatan baterai. Tetapi dari sisi berat platform, jenis ini cukup baik untuk kendaraan listrik.

Jenis yang kedua adalah jenis semi solid dimana seluruh dasar platform berbentuk lembaran solid namun terdiri dari 2 lapis dimana ditengah tengahnya akan ditempatkan baterai. Jenis ini cukup mengakomodasi sistem mobil listrik walaupun dari sisi material dibutuhkan jumlah material yang banyak.

7. Kesimpulan

Pemodelan sistem platform menggunakan software Solid Work cukup efektif untuk melakukan desain suatu sistem platform dan komponennya. Dari hasil analisa dengan Solid Work diketahui bahwa tegangan, defleksi dan regangan yang terjadi pada platform masih memenuhi persyaratan. Sedangkan Faktor keamanan yang di atas 1 menunjukkan bahwa struktur platform ini aman.

8. Ucapan Terimakasih

Ucapan terima kasih atas peran serta dari berbagai pihak. Untuk melakukan penelitian ini dibiayai oleh DIKTI melalui skema RAPID, LPPM ITENAS dan PT Betrix. Ucapan terimakasih juga disampaikan kepada semua anggota tim laboratorium Mobil Listrik ITENAS yang terlibat dalam penelitian ini.

9. Daftar Pustaka

1. Erik S, 2009, *Electrical Vehicle Design and Modeling*, Aalborg University Press, Denmark
2. Rui Santos, 2010, *Electric Vehicle - Design and Implementation Strategies for the Power Train*
3. John, W, 2009, *Design of Electric*

Drive Vehicle Batteries for Long Life and Low Cost Robustness to Geographic and Consumer-Usage Variation, IEEE report 2009

4. Tesla Team, Final report, Market outlook to 2022 for battery electric vehicles and plug-in hybrid electric vehicles
5. Chris Mi, 2006, *Hybrid Electric Vehicles: Control, Design, and Applications*, Department of Electrical and Computer Engineering, University of Michigan – Dearborn
6. Besselink, 2010, Design of an efficient, low weight battery electric vehicle based on a VW Lupo 3L, The 25th World Battery, Hybrid and Fuel Cell Electric Vehicle Symposium & Exhibition
7. Segerlind, Larry J., (1937). *Applied Finite Element Analysis*, USA: John Willey & Sons Inc.
8. ASM Data sheet.