

PENGARUH PERLAKUAN PANAS PADA PEMBENTUKAN PELAT BERALUR PANEL KENDARAAN TERHADAP PENINGKATAN FREKUENSI ALAMIAH DIUKUR PADA KONDISI BATAS JEPIT-JEPIT

Sukanto¹, Erwanto¹

¹ **Jurusan Teknik** Mesin, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung
Kawasan Industri Airkantung, Sungailiat-Bangka 33211 Telp.: 0717-93586, 95252 Faks.: 0717-93585

Email: sukanto.wiryo@gmail.com

ABSTRACT

Vehicle Comfortability in a minibus is highly influenced by the noise level and the mechanical vibration on the cabin. Sound and vibration can come from the engine excitation, the pressure difference in both inside and outside of the cabin, the road roughness and the primary vehicle's structure. The ground, wall and floor of the cabin in a vehicle are the most influenced parts in the role of transmitting sounds and vibrations. These can be reduced by means of increasing the cabin's stiffness. Sheet metal is mainly used as the cabin's material. Its stiffness can also be increased by means of thickening, grooving and embossing the plate. The aims of this experimental work are to increase both the natural frequency and the stiffness of the plate by means of forming and grooving in the cabin's plate. The material used in this paper is mild steel plate 0,8 mm from galvanized steel that is generally used in manufacturing of the minibus vehicle (ASTM A 29 coated with zinc and aluminum). The research method is derived as follows: determining the panel dimension, calculating the number of the groove, designing both the heating temperature and the cooling media, grooving process, measuring and analyzing the natural frequency and the stiffness. The length and the width of the panel dimension are determined by 550 mm and 550 mm, respectively. Trapezium cross-section is used as groove's design. The results show that the natural frequency and the stiffness are linearly influenced by residual stress. The highest frequency, reached at 258,06 Hz, is to be found at 10 groove with temperature of 700 °C and followed by water cooling. In addition, this frequency is increased nine times compared with plain panel without groove in which it has 27,55 Hz.

Keywords: natural frequency, vehicle panel, heat treatment, fixed-end, stiffness

PENDAHULUAN

Konstruksi bodi kendaraan berpenumpang minibus biasanya menggunakan dinding, atap maupun lantai yang lazim disebut dengan panel kendaraan. Panel ini merupakan bagian terpenting yang berfungsi mendukung kenyamanan dalam berkendara, yang hal ini terutama dipengaruhi oleh tingkat kebisingan dan getaran yang terjadi pada ruang kabin kendaraan. Perbedaan tekanan di luar dan di dalam ruang penumpang, serta getaran berlebih yang terjadi pada kendaraan dapat mengakibatkan kondisi fatik pada panel serta berdampak kebisingan kedalam kabin. Sumber kebisingan dan getaran tersebut ditimbulkan dari gaya mesin, adanya perbedaan tekanan antara di luar dan di dalam kendaraan, kekasaran permukaan jalan serta struktur rangka kendaraan [1].

Kekakuan panel dan Frekuensi Alamiah (Pribadi)

Panel dikelompokkan kedalam dua jenis yaitu panel jenis isotropik dan panel jenis orthotropik. Panel isotropik memiliki sifat homogen dan kekakuan pada material di sembarang bagian panel, sedangkan panel orthotropik sebaliknya, yaitu terjadinya variasi sifat dan kekakuan pada bagian materialnya. Kedua panel ini memiliki karakteristik getaran yang berbeda. Pendekatan dilakukan guna mengetahui kekakuan pelat ini antara yaitu secara matematis, secara eksperimental dan metode elemen hingga. Panel isotropis lebih dapat didekati dengan cara matematis, sedangkan pelat ortotropik akan lebih mudah dengan pendekatan eksperimental dan metode elemen hingga. Getaran yang terjadi pada panel kendaraan dapat diperbaiki dengan cara meningkatkan kekakuan panelnya. Struktur tulang dan struktur peredaman kebisingan merupakan dualisme disain yang

sangat penting dalam upaya mencegah perambatan getaran menuju ke kabin kendaraan [2].

Kekakuan dinamis panel dapat ditingkatkan secara signifikan melalui pemberian material damping viskoelastis pada struktur kendaraan [3]. Pembentukan panel menjadi berombak (*embossing*) juga dapat meningkatkan kekakuan pelat sehingga frekuensi alaminya meningkat sampai sepuluh kali dibandingkan pelat datar [4]. Frekuensi alami dan bentuk mode panel juga sangat dipengaruhi oleh adanya pemberian bentuk pengaku (*stiffener*) serta distribusinya [5]. Bentuk dan orientasi pengaku juga mempengaruhi frekuensi dan intensitas suara yang diradiasikan oleh panel [6]. Bentuk alur yang biasa digunakan pada panel kendaraan bervariasi berupa trapesium, segiempat, segitiga, setengah lingkaran dan lainnya. Bentuk alur yang paling optimum dalam merespon getaran adalah berupa trapesium [7]. Pembuatan alur-alur pada panel dapat meningkatkan frekuensi pelat hingga mencapai 9,3 kali jika dibandingkan dengan pelat datar [8]. Frekuensi alamiah (ω) suatu material berbanding lurus terhadap kekakuan (k) materialnya dan berbanding terbalik terhadap massanya (m) [9].

$$\omega = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Perlakuan Panas

Perlakuan panas atau *Heat Treatment* adalah merupakan kombinasi antara proses pemanasan dan proses pendinginan dari suatu logam atau paduannya dalam keadaan padat untuk mendapatkan sifat-sifat tertentu. Perlakuan panas pada umumnya mempunyai tujuan untuk meningkatkan keuletan, menghilangkan tegangan internal (*internal stress*), menghaluskan ukuran butir kristal dan meningkatkan kekerasan atau tegangan tarik logam. Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi perlakuan panas, meliputi suhu pemanasan, waktu yang diperlukan pada suhu pemanasan, laju pendinginan dan lingkungan atmosfer. Semakin tinggi suhu pemanasan dan semakin lama penahanan waktu pemanasan akan mempengaruhi tingkat struktur martensit. Media pendingin yang sering digunakan pada proses perlakuan panas berturut-turut dari yang tercepat ke yang paling lambat adalah media air (air garam), oli dan udara [10]. Pada kondisi laju pendinginan yang semakin cepat akan semakin banyak struktur martensit yang terbentuk, dan akan semakin tinggi kekerasannya. [11]. Namun demikian tidak semua jenis bahan baja dapat dikeraskan secara langsung, hanya bahan baja yang mempunyai kandungan karbon di atas 0,35% yang dapat dikeraskan secara langsung [12].

Penelitian untuk menghilangkan tegangan sisa yang terjadi akibat proses hardening diperoleh hasil bahwa semakin meningkatnya suhu

tempering memiliki kecenderungan menurunkan nilai kekerasan dan kekuatan tarik material [13]. Namun demikian tidak semua kasus tegangan sisa merugikan. Pada kondisi tertentu kekakuan panel kendaraan terjadi peningkatan pada saat tegangan sisa terjadi yang mana mengalami inklusi ketika proses pembentukan panel. Proses pembentukan alur-alur panel kendaraan baik secara proses dingin maupun proses panas mengakibatkan deformasi butir logam, yang mana dapat berpengaruh terhadap peningkatan kekakuan dan kekerasan pelat. Bahan logam dalam kondisi ini mengalami pergeseran regangan dan proses mekanisnya membangkitkan tegangan cukup besar, sehingga logam terjadi tegangan sisa [14].

Kekakuan panel kendaraan dapat pula ditingkatkan dengan cara memberikan bintik-bintik *spot welded stiffener* hingga terjadi peningkatan frekuensi alamiah yang disebabkan adanya tegangan sisa mengalami inklusi [5]. Namun demikian adanya tegangan sisa yang terjadi pada proses pembuatan lubang pelat akan mengakibatkan penurunan kekuatan fatik pada bagian tersebut [15], sehingga untuk memberikan kinerja yang optimal diperlukan proses perlakuan panas untuk menurunkan adanya tegangan sisa guna memperbaiki sifat lemah fatiknya.

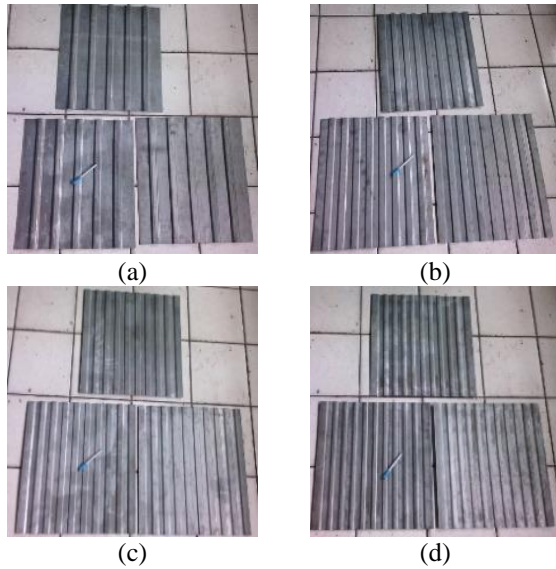
Galvannealed atau *galvanneal* atau baja galvanil adalah bahan pelat lembaran baja yang dihasilkan dari proses pelapisan galvanizing dan diikuti dengan annealing pada pelat lembaran. [16]. Galvanil sangat baik untuk komponen badan mobil (*automotive body parts*), dan untuk pembuatan huruf timbul. Sedangkan aplikasi tanpa pengecatan juga bisa dilakukan, karena memiliki ketahanan karat yang cukup baik [17]. Bahan dasar galvanil tersebut adalah baja karbon rendah sejenis ST. 37 atau ASTM A 29 yang diberikan lapisan khusus. Bahan jenis ST.37 memiliki kadar karbon 0,468 % - 0,574% [18], sehingga bahan jenis ini memungkinkan dilakukan perlakuan panas secara langsung.

METODE PENELITIAN

Perencanaan Disain Panel dan Pembuatan Sampel Uji.

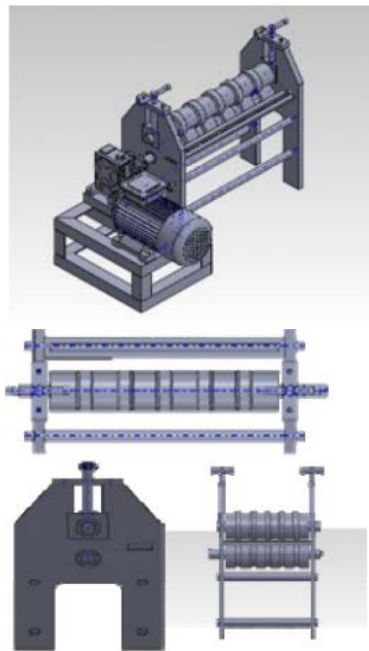
Disain variabel bebas alur panel yang dibuat terdiri dari 4 jenis, yaitu panel dengan jumlah alur 5, 8, 9 dan beralur 10 dengan variabel tetap dari disain ini adalah tebal 0,8 mm dan dimensi 550 Cm x 550 Cm dari bahan baja pelat Galvanil (Gambar 1).

Proses pembentukan panel beralur dilakukan dengan sistem diroll dengan posisi panel berada diantara dua buah silinder pengeroll (Gambar 2). Dimana silinder roll ini telah dirancang dan dibuat sedemikian rupa sehingga antara silinder dalam dan silinder luar berpasangan dan mampu membentuk sejumlah alur pada pelat tipis, setelah dilakukan pengerolan secara bolak-balik.



Gambar 1. Panel trapesium (a) 5 alur, (b) 8 alur, (c) 9 alur, (d) 10 alur

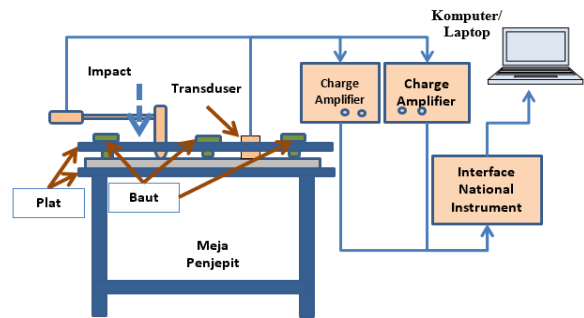
Mesin roll yang digunakan bertenaga motor listrik AC 1 phasa 1HP dan 14 Rpm. Selain variabel jumlah alur, proses pembuatan panel beralur ini juga melibatkan tiga variabel perbedaan suhu pemanasan (600 °C, 700 °C & 800 °C) dan tiga variabel perbedaan media pendinginan (udara, oli & air). Pemanasan dilakukan dalam oven hingga suhunya tercapai, kemudian dikeluarkan dari oven, dilanjutkan proses pengerolan menggunakan mesin roll serta terakhir dilakukan pendinginan dengan media pendingin yang telah direncanakan.



Gambar 2. Mesin Pengerol Panel

Peralatan Uji Frekuensi Alamiah pada Kondisi Syarat Batas Jepit-jepit

Sistem pengukuran frekuensi alamiah panel dilakukan pada kondisi syarat batas jepit-jepit, seperti ditunjukkan pada Gambar 3. Setelah dilakukan pengukuran selanjutnya dilakukan analisa dengan cara menggunakan statistik sederhana, yaitu berupa rata-rata dari hasil pengukurannya dan kemudian dilakukan memperbandingkan antara panel-panel tersebut dengan melibatkan variabel-variabelnya, yang meliputi variasi jumlah alur, variasi suhu pemanasan dan variasi media pendinginan.



Gambar 3. Skema Pengukuran Frekuensi Alamiah pada Kondisi Batas Jepit-jepit [14]

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengukuran Frekuensi Alamiah Panel Beralur pada Syarat Batas Jepit-Jepit

Hasil pengukuran frekuensi alamiah panel beralur diukur pada kondisi syarat batas keempat sisinya dijepit seperti ditunjukkan pada Tabel 1. Jumlah panel yang diukur adalah sebanyak 41 kali tiga atau 123 panel. Jumlah ini diperoleh dari perhitungan yang terdiri 3 variasi suhu pemanasan, 3 variasi media pendinginan, 4 variasi jumlah alur, 1 panel polos tanpa perlakuan, 4 panel perlakuan dingin, hingga berjumlah 41 dikalikan jumlah sampel 3 untuk masing-masing panel sehingga totalnya adalah 123 panel.

Analisa dan Pembahasan Nilai Frekuensi Alamiah Panel

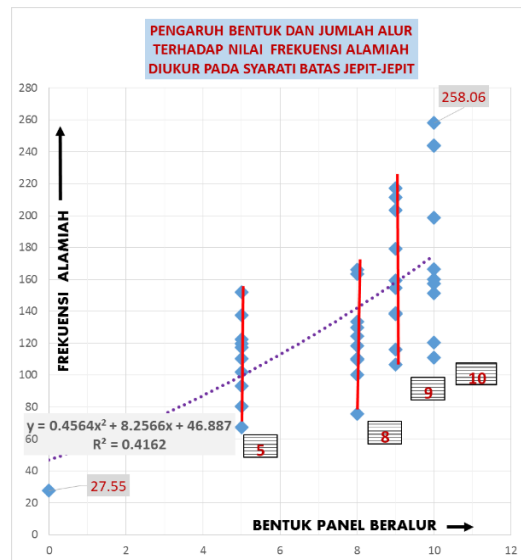
Nilai frekuensi alamiah yang terjadi pada suatu material merupakan nilai frekuensi alamiah yang tertinggi dari mode 1, mode 2 dan mode 3 yang muncul. Nilai frekuensi alamiah fundamental ini yang pada umumnya membahayakan bila diaplikasikan pada suatu konstruksi. Dengan demikian nilai frekuensi alamiah fundamental ini lebih sesuai untuk dipergunakan dalam melakukan analisa memperbandingkan kemampuan antara panel beralur yang telah dibentuk melalui proses perlakuan panas.

Tabel 1. Urutan Nilai Frekuensi Alamiah Panel Beralur mode 1, 2 dan 3 Diukur pada Kondisi Syarat Batas Jepit-jepit.

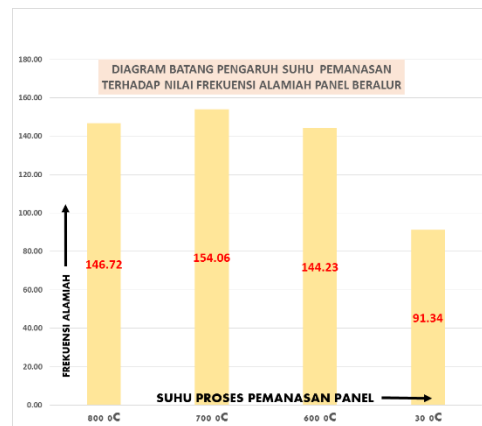
NOMOR URUT	NO. KODE	RATA-RATA MODE NILAI FREKUENSI ALAMIAH			JUMLAH ALUR	SUHU PEMANASAN	JENIS MEDIA PENDINGIN
		1	2	3			
1	35	46.08	49.6	258.06	10	700	AIR
2	36	111.82	177.29	244.09	10	600	AIR
3	33	82.67	88.37	243.68	10	600	UDARA
4	7	87.46	125.33	217.07	9	800	AIR
5	5	124.87	145.96	211.35	9	700	UDARA
6	13	34.242	130.98	203.38	9	600	OLI
7	41	122.58	161.51	198.82	10	800	OLI
8	9	133.62	137.49	179.23	9	700	AIR
9	40	92.66	105.1	166.39	10	800	AIR
10	24	96.42	158.23	165.97	8	700	OLI
11	22	39.61	75.93	163.53	8	800	OLI
12	34	59.09	108.47	159.95	10	700	OLI
13	6	78.87	153.72	159.33	9	600	AIR
14	39	83.61	109.45	157.39	10	800	UDARA
15	12	52.7	115.5	154.52	9	800	OLI
16	30	108.93	118.34	152.06	5	700	OLI
17	37	101.92	123.39	151.28	10	600	OLI
18	8	62.37	83.54	138.7	9	800	UDARA
19	11	101.54	123.49	138.27	9	700	OLI
20	27	53.05	103.62	137.43	5	800	AIR
21	17	60.67	59.07	133.59	8	700	AIR
22	20	63.91	127.36	129.79	8	600	OLI
23	19	106.35	117.22	124.58	8	600	UDARA
24	25	40.22	103.11	122.44	5	600	AIR
25	4	61.3	89.07	120.47	10	700	UDARA
26	38	82.01	106.58	119.56	5	700	AIR
27	23	36.23	87.34	118.54	8	800	AIR
28	26	65.19	91.39	117.51	5	800	OLI
29	10	107.58	112.66	116.12	9	600	UDARA
30	1	86.85	78.12	110.99	10	30	KAMAR
31	21	65.55	105.75	110.42	8	800	UDARA
32	29	92.74	96	110.15	5	700	UDARA
33	2	79.22	95.51	109.57	8	30	KAMAR
34	31	31.36	66.95	106.72	9	30	KAMAR
35	3	49.8	81.41	101.86	5	30	KAMAR
36	14	73.33	79.59	100.08	8	700	UDARA
37	16	62.85	82.41	93.18	5	600	OLI
38	28	40.84	40.86	80.35	5	800	UDARA
39	18	47.48	49.7	75.64	8	600	AIR
40	15	59.16	59.69	67.27	5	600	UDARA
41	32	27.55	27.75	48.95	0	0	POLOS

Gambar 4 menunjukkan grafik pengaruh bentuk dan jumlah alur terhadap nilai frekuensi alamiah panel beralur. Berdasarkan grafik tersebut tampak jelas bahwa penyebaran nilai frekuensi alamiah menunjukkan kecenderungan semakin meningkat nilainya dengan semakin banyaknya jumlah alur panel, berturut-turut dari panel 5 alur, 8 alur, 9 alur dan 10 alur. Panel polos tanpa alur memiliki frekuensi alamiah paling rendah yaitu 27,55 Hz dan panel dengan jumlah alur terbanyak yaitu 10 alur, diproses pada suhu pemanasan 700 °C dan diikuti pendinginan dengan media air menunjukkan nilai frekuensi alamiah tertinggi yaitu 258,06 Hz.

Berdasarkan Tabel 1 dapat dilakukan analisis pengaruh suhu pemanasan terhadap nilai frekuensi alamiah panel. Gambar 5. menunjukkan bahwa suhu pemanasan 700 °C menghasilkan rata-rata nilai frekuensi alamiah tertinggi diikuti suhu pemanasan 800 °C dan suhu pemanasan 600 °C, serta terakhir pada proses tanpa pemanasan (suhu kamar ± 30 °C).



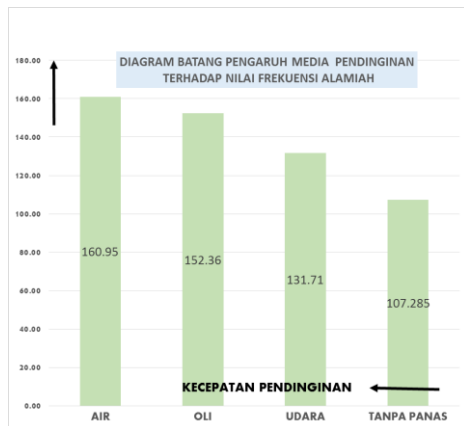
Gambar 4. Grafik Pengaruh Jumlah Alur Panel terhadap Nilai Frekuensi Alamiah pada Pengukuran Syarat Batas Jepit-Jepit.



Gambar 5. Diagram Batang Pengaruh Suhu Proses Pemanasan Panel terhadap Nilai Frekuensi Alamiah pada Pengukuran Syarat Batas Jepit-Jepit.

Pengaruh penggunaan media pendinginan juga dapat dilakukan analisa berdasarkan pada Tabel 1. di atas yang mana datanya dikelompokkan dan dibuat diagram batang seperti ditampilkan pada Gambar 6. Media pendinginan yang paling besar berpengaruh terhadap peningkatan nilai frekuensi alamiah adalah berturut-turut dari media air, media oli dan media udara.

Ketiga proses analisa di atas dapat digabungkan menjadi satu analisa gabungan yang dikaitkan dengan teori terjadinya tegangan sisa pada suatu proses pembentukan metal melalui perlakuan panas. Suatu material besi karbon (termasuk baja) akan terjadi perubahan senyawa dari besi *ferrit* menjadi besi *cementit* (Fe_3C) ketika dipanaskan diatas suhu rekristalisasi bawah atau diatas suhu eutektik 700–an °C.



Gambar 6. Diagram Batang Pengaruh Media Pendinginan Proses Pembentukan Panel Beralur terhadap Nilai Frekuensi Alamiah pada Pengukuran Syarat Batas Jepit-Jepit.

Pendinginan yang sangat cepat dengan media air akan mengakibatkan Fe_3C terjebak, dimana pada bagian luar telah dingin dan bagian dalam masih panas, sehingga terjadi kondisi tarik-menarik antara senyawa bagian luar dengan senyawa bagian dalam dan terjadi inklusi serta terjadi tegangan sisa pada material tersebut. Semakin banyak tegangan sisa yang terjadi maka semakin tinggi kekakuan material tersebut, yang pada akhirnya akan berpengaruh pada semakin meningkatnya nilai frekuensi alamiah panel tersebut, sesuai dengan rumus frekuensi alamiah Timoshenko [9].

KESIMPULAN

Analisa dan pembahasan di atas telah membawa ke dalam kesimpulan penelitian ini yaitu semakin banyak tegangan sisa yang terjadi pada panel beralur akan semakin tinggi nilai kekakuan dan nilai frekuensi alamiahnya. Panel beralur 10, diproses menggunakan suhu pemanasan $700\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan diikuti pendinginan menggunakan media air, terbukti memiliki nilai frekuensi alamiah tertinggi 258,06 Hz, atau mengalami peningkatan nilai frekuensi alamiah hingga 9 kali lebih tinggi dibandingkan dengan panel polos tanpa alur yang hanya memiliki frekuensi alamiah sebesar 27,55 Hz.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] X. Han, Y.J. Guo, H.D Yu dan P. Zhu, 2009, *Interior Sound Field Refinement of a Passenger Car Using Modified Panel Acoustic Contribution Analysis*, International Journal of Automotive Technology, Vol. 10, No. 1, 79-85.
- [2] Goetchius, G.M., 2010, *Body structure noise and vibration refinement*, Material Sciences Corporation, Woodhead Publishing Limited, USA. Page 351-386.

- [3] D.C. Lee, 2004, *A Design of Panel Structure for the Improvement of Dynamic Stiffness*, Proc. Instn. Mech. Engrs, Vol. 218 Part D: J. Automobile Engineering, 647-654.
- [4] C.R. Fredo dan A. Hedlund, 2005, *NVH Optimization of Truck Cub Floor Panel Embossing Pattern*, SAE International, 2005-01-2342.
- [5] Nacy, S.M., et al, 2009, *Vibration Analysis of Plates with Spot Welded Stiffeners*, Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering, Vol. 3, No. 4, December, pp. 272-279.
- [6] Y. Qiao, Q. Huang dan T. Li, 2008, *Effect of Stiffener on the Radiated Sound Loudness from Rectangular Plate*, Adv. Theor. Appl. Mech., Vol. 1, No. 8, 379-399.
- [7] Sukanto dan Sunardi, 2011, *Pengaruh Bentuk Alur Pelat pada Panel Terhadap Perubahan Karakteristik Getarannya*, Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin X, Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya), 1562-1565.
- [8] Sunardi, et. All., 2010, *Pengaruh Dimensi Alur Trapesium Pelat Terhadap Frekuensi Alamiahnya*, Prosiding Seminar Nasional Teknik Metalurgi, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, 296-305.
- [9] Timoshenko, S., 1937, *Vibration Problems in Engineering*, 2nd Edition, pp. 421-425, D. Van Nostrand Company Inc, New York.
- [10] Murtiono, A., 2012, *Pengaruh Quenching dan Tempering terhadap Kekerasan dan Kekuatan Tarik serta Struktur Mikro Baja Karbon Sedang untuk Mata Pisau Pemanen Sawit*, Jurnal e-Dinamis, Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara, Volume II, No.2 September 2012, ISSN 2338-1035.
- [11] Nugroho, S., dan Haryadi, G.D., 2005, *Pengaruh Media Quenching Air Tersirkulasi (Circulated Water) Terhadap Struktur Mikro dan Kekerasan Pada Baja AISI 1045*, Jurusan Teknik Mesin FT-UNDIP, **ROTASI** – Volume 7 Nomor 1.
- [12] Surdia. T dan Shinoku, 1999, *Pengetahuan Bahan Teknik*, Jakarta: PT Pradnya Paramita, Cetakan ketujuh 2013.
- [13] Murtiono, A., 2012, *Pengaruh Quenching dan Tempering terhadap Kekerasan dan Kekuatan Tarik serta Struktur Mikro Baja Karbon Sedang untuk Mata Pisau Pemanen Sawit*, Jurnal e-Dinamis, Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara, Volume II, No.2 September 2012, ISSN 2338-1035.
- [14] Sukanto et all, 2010, *Perilaku Respon Getaran Panel Kendaraan sebagai fungsi Perubahan Bentuk Bead*, Perpustakaan Pusat Universitas Gadjah Mada, Tesis 2010.

- [15] Shiozaki, T., et al, 2015, Effect of residual stresses on fatigue strength of high strength steel sheets with punched holes, *International Journal of Fatigue*, journal homepage: www.elsevier.com/locate/ijfatigue, page : 324–331.
- [16] Galvannealed, Wikipedia, <https://en.wikipedia.org/wiki/Galvannealed>, diakses 26 Oktober 2016.
- [17] PT. Asia Mega Mandiri, *Plat Besi Galvanil*, <http://asiamegamandiri.com/products/plat-besi-galvanil>, diakses 26 Oktober 2016.
- [18] Rusmadi dan Feidihal, 2006, *Analisa Persentase Kandungan Karbon Pada Logam Baja*, *Jurnal Teknik Mesin Politeknik Negeri Padang*, volume 3, no 1 Juni 2006.