

Redesign Pondasi (Base) Mesin Blower dan Motor V94-BL2
Mochammad Sholeh¹; Teguh Eka Jaya²; Agung Gunawan³; Sutrisno⁴

¹Dept. Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta

²Jurusan Teknik Mesin, Konsentrasi Rekayasa Industri Semen, Politeknik Negeri Jakarta

³Supervisor/Engineer Condition Base Monitoring, PT. Holcim Indonesia Tbk

⁴Member/Employee of Condition Base Monitoring, PT. Holcim Indonesia Tbk.

¹teguhekajaya11.holcim@gmail.com

Abstrak

Blower adalah alat transportasi material yang memanfaatkan udara bertekanan. Blower digerakkan oleh motor listrik dengan menggunakan transmisi pulley dan v-belt. Blower V94-BL2 berfungsi sebagai pengumpanan bahan bakar berupa biomass menuju Separate Line Calciner (SLC). Pada saat blower bekerja maka akan terjadi vibrasi, hal ini wajar karena selalu akan dialami oleh setiap mesin yang berputar, penyebabnya adalah gaya pengekstasi seperti torsi penggerak, gaya reaksi karena adanya beban, gaya tambahan akibat unbalance, misalignment, looseness. Vibrasi yang terjadi pada saat blower bekerja adalah 23 mm/s pada motor dan 13 mm/s pada blower, adapun batasan nilai vibrasi menurut ISO 2372 (BS4675) mesin blower adalah 5 mm/s untuk motor dan blower adalah 6 mm/s. Vibrasi ini menyebabkan berkurangnya umur sambungan struktur diantaranya munculnya retakan pada sambungan las-lasan, umur bearing berkurang, kehandalan bearing berkurang, dan rusaknya bearing, hal tersebut dapat mengganggu dan mematikan proses pengumpanan bahan bakar pada Separate Line Calciner (SLC) yang dapat menghentikan proses pembakaran clinker pada rotary kiln. Untuk mengetahui penyebab pasti terjadinya vibrasi dilakukan analisa spectrum vibrasi, dan penyebabnya adalah looseness pada structural. Vibrasi yang tinggi dapat diatasi dengan merubah nilai natural frekuensi pada alat. Ada 3 cara merubah natural frekuensi yaitu merubah massa mesin/alat, penambahan penguat, dan penambahan peredam. Oleh sebab itu perlu dilakukan redesign untuk menurunkan nilai vibrasi. dengan menambahkan penguat berupa 2 baja channel C-Beam dengan ukuran $250 \times 90 \times 6$ mm dan panjang 1520 mm yang diletakan pada base motor. Sementara untuk mengidentifikasi karakteristik fisik dan reaksi terhadap beban static disimulasikan dengan menggunakan program solidwork. Dari hasil redesign pondasi (base) blower V94-BL 2 diperoleh tegangan dan deformasi maksimal pada base sehingga base dapat menurunkan nilai vibrasi yaitu 5.5 mm/s dari 23 mm/s pada motor dan 7.0 mm/s dari 13 mm/s pada blower.

Kata Kunci: Vibrasi, Looseness, Motor, Redesign, Base

Abstract

Blowers are material transportation vehicles that utilize compressed air. The blower is driven by an electric motor using a transmission pulley and a v-belt. Blower V94-BL2 serves as a fuel feed in the form of biomass to Separate Line Calciner (SLC). At the time of the blower work will occur vibration, this is natural because it will always be experienced by each rotating engine, the cause is the exciting force such as driving torque, reaction force due to the load, additional force due to unbalance, misalignment, looseness. Vibrasi that happened at the working blower is 23 mm / s on the motor and 13 mm / s on the blower, as for the limit of vibration value according to ISO 2372 (BS4675) blower machine is 5 mm / s for the motor and blower is 6 mm / s. This vibration leads to reduced connection time of the structure such as the occurrence of cracks in welded joints, reduced bearing life, reduced bearing reliability, and bearing damage, may disrupt and disable fuel fueling process on Separate Line Calciner (SLC) clinker on the rotary kiln. To know the exact cause of vibration, vibration spectrum analysis is done, and the cause is looseness on structural. High vibration can be overcome by changing the natural value of frequency in the tool. There are 3 ways to change the natural frequency that is changing the mass of the machine / tool, the addition of the amplifier, and the addition of the silencer. Therefore it is necessary to redesign to reduce the value of vibration. by adding brace of 2 steel channel C-Beam with the size of $250 \times 90 \times 6$ mm and length 1520 mm placed on the base of the motor. Meanwhile, to identify physical characteristics and reaction to static load simulated by using solidwork program. From the redesign foundation (base) blower V94-BL 2 obtained the maximum voltage and deformation on the base so that the base can reduce the vibration value of 5.5 mm / s from 23 mm / s on the motor and 7.0 mm / s from 13 mm / s on the blower.

Keywords: Vibration, Looseness, Motor, Redesign, Base

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Blower V94-BL2 adalah alat transportasi bahan bakar alternative berupa sekam padi, blower mentransportasikan sekam padi menuju Separate Line Calciner (SLC) sebagai tempat proses kalsinasi. Pada saat *blower* V94-BL 2 bekerja maka akan timbul vibrasi yang tinggi. Kecepatan *blower* V94-BL 2 dikontrol oleh *Variabel Speed Drive (VSD)*. Vibrasi pada suatu alat akan mempengaruhi kehandalan dari alat tersebut. Nilai vibrasi yang diizinkan yang sesuai dengan ISO 2372 (BS4675) pada *blower* maksimal 6 ^{mm}/s, sedangkan pada V94-BL2 nilai vibrasi tertinggi adalah 23 mm/s pada motor dan 13 mm/s pada *blower*[3]. Vibrasi selalu dialami oleh mesin yang berputar, penyebabnya adalah gaya pengeksitasi seperti torsi penggerak, gaya reaksi karena adanya beban, gaya tambahan akibat unbalance, *misalignment*, *looseness*. *Unbalance* adalah terjadinya pergeseran titik pusat massa dari titik pusat putarnya sehingga akan menimbulkan getaran yang tinggi. *Misalignment* adalah tidak sejajarnya poros/*Pulley* penggerak dengan poros/*Pulley* yang digerakkan. *Looseness* disebabkan oleh kerenggangan pada suatu mesin yang terjadi karena adanya kerenggangan baut, kerenggangan bearing, keretakan di pondasi, kerenggangan antara rotor dengan poros, dan sebagainya. Pada motor listrik, kerenggangan dapat terjadi pada rotor atau stator.

Berdasarkan hasil analisa spektrum vibrasi, penyebab vibrasi pada V94-BL2 adalah *looseness* pada *base* dan Umpan beban biomasa yang tinggi disertai kecepatan yang tinggi pula. Oleh karena itu perlu dilakukan re-desain *base* agar nilai vibrasi menurun dan keandalan dari mesin *blower* dan motor terjaga.

1.2 Tujuan

Tujuan dari *redesign base motor* dan *blower* V94-BL2 ini adalah menurunkan nilai vibrasi pada motor dan vibrasi pada *blower*

2. METODE PENELITIAN

1. Metode Diskusi, yakni melakukan diskusi dengan pihak-pihak terkait mengenai permasalahan tersebut. Pihak terkait yaitu karyawan dan *superintendent* CBM, karyawan dan *superintendent* mekanik AFR, Engineer maintenance.
2. Metode kepustakaan / studi literature, mencari dan mempelajari informasi tentang vibrasi, kekuatan las-lasan, pelenturan pada *C-beam*, dan pemilihan profil *C-beam*, dengan melihat dari sumber buku, jurnal, dan internet.
3. Metode observasi, yakni melakukan observasi mengenai kinerja system alat serta parameter yang mempengaruhi. Observasi yang dilakukan adalah pengamatan kondisi awal *base blower* V94-BL2.
 - a. Kondisi awal *base*

Base mesin *blower* V94-BL2 terdiri dari *C-beam* baja ukuran 250 x 90 x 10 mm dan disambung dengan menggunakan sambungan las. *Base blower* V94-BL2 memiliki dimensi tinggi 1000 mm ; lebar 1700 mm ; dan panjang 2780 mm. *base blower* V94-BL2 memiliki 6 tiang penyangga.



Gambar 1 Kondisi awal *base* V94-BL2

- b. Pengambilan data vibrasi
Pengambilan data vibrasi dilakukan seminggu sekali sesuai dengan *Work Order (WO)* pada sistem SAP dan *Planner*.

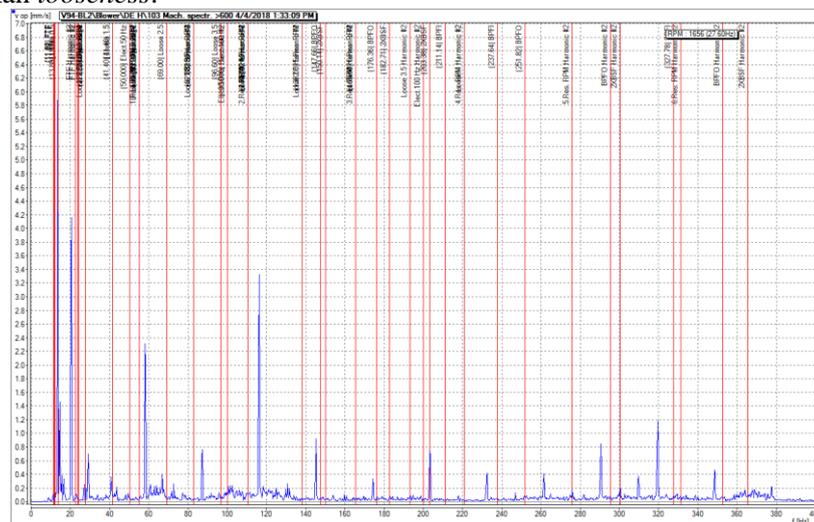
Tabel 1 Data Vibrasi pada motor posisi *load side horizontal*

Date	Time	Zero-Peak	Peak-Peak	RMS
10/4/2017	10:44:21 AM	31.50 mm/s	62.57 mm/s	16.34 mm/s
10/18/2017	1:31:09 PM	30.49 mm/s	60.09 mm/s	15.62 mm/s
10/25/2017	1:24:18 PM	31.63 mm/s	61.67 mm/s	15.85 mm/s
11/1/2017	2:23:40 PM	25.53 mm/s	48.41 mm/s	13.12 mm/s
11/17/2017	10:23:52 AM	41.57 mm/s	81.41 mm/s	23.49 mm/s

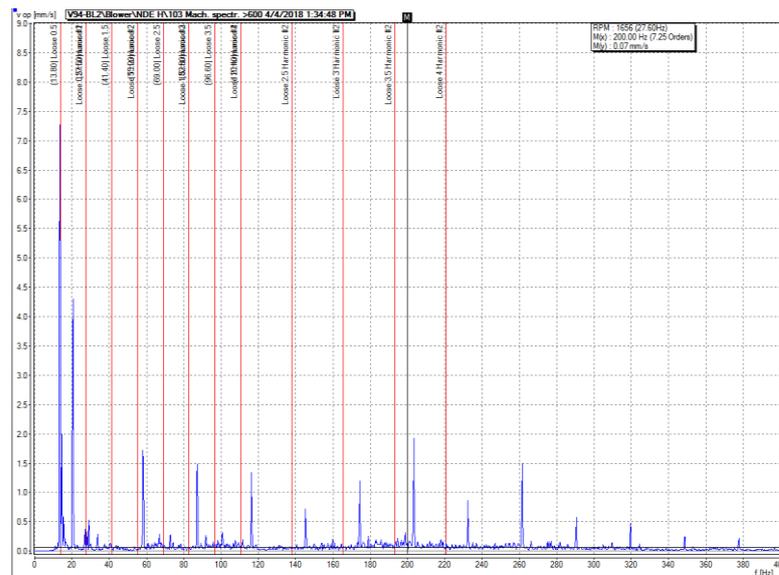
Tabel 2 Data Vibrasi pada *Blower* posisi *Drive end horizontal*

Date	Time	Zero-Peak	Peak-Peak	RMS
10/4/2017	10:46:23 AM	25.04 mm/s	49.08 mm/s	9.04 mm/s
10/18/2017	1:33:07 PM	26.41 mm/s	50.96 mm/s	8.83 mm/s
10/25/2017	1:26:37 PM	25.88 mm/s	48.88 mm/s	9.24 mm/s
11/1/2017	2:25:31 PM	24.73 mm/s	47.23 mm/s	7.77 mm/s
11/17/2017	10:26:54 AM	29.84 mm/s	56.91 mm/s	12.73 mm/s

- c. Pengambilan data spektrum vibrasi
Pengambilan spektrum vibrasi dilakukan untuk mengetahui penyebab terjadinya vibrasi. Pada “Gambar.2” menunjukkan spectrum vibrasi pada *blower* posisi *drive end (DE)* yang mengindikasikan *looseness*, begitu juga pada “Gambar.3” menunjukkan spektrum vibrasi pada motor posisi *load side* yang mengindikasikan *looseness*.



Gambar 2 Spektrum vibrasi *Blower* posisi *drive end* terindikasi *looseness*



Gambar 3 Spektrum Vibrasi Blower non drive end terindikasi looseness

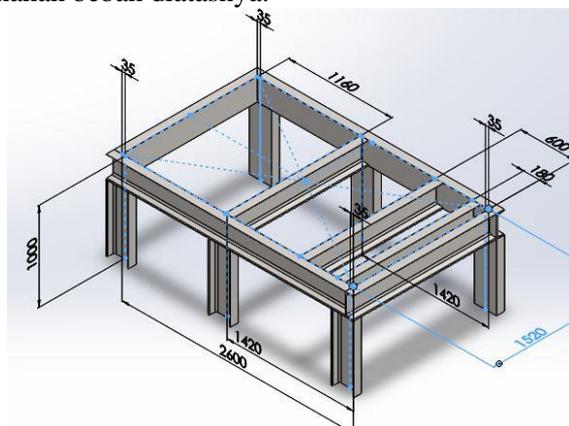
4. Metode Perancangan/Rekayasa, perancangan/rekayasa dengan mengacu pada parameter yang mempengaruhi, acuan perancangan dari *manual book* dan diskusi dengan pembimbing.
5. Metode Pengujian dan Realisasi melakukan pengujian desain dengan menggunakan program Solidwork 3D dan Realisasi dengan memantau vibrasi setelah dilakukan *redesign*.
6. Evaluasi, mengevaluasi kinerja alat tugas akhir setelah realisasi mengacu dengan metode perancangan/rekayasa dan memastikan bahwa nilai vibrasinya telah menurun.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

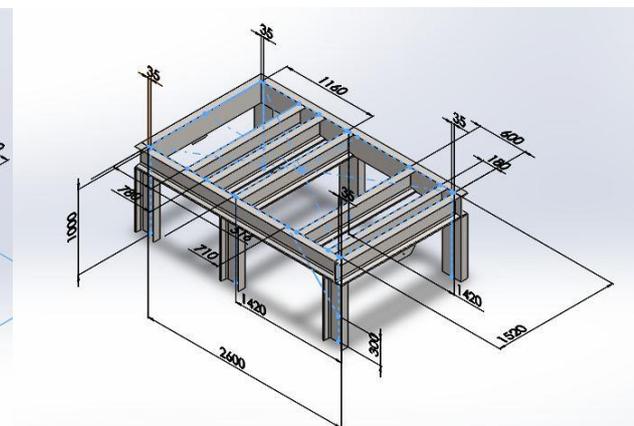
Berdasarkan hasil pengamatan didapat penyebab terjadinya vibrasi adalah *looseness* pada struktural, hal tersebut dikarenakan jarak *base* pada sisi motor yaitu 1250 mm sehingga mengakibatkan munculnya vibrasi karena *base* tidak mampu menahan beban motor pada saat pengoperasian. Oleh karena itu perlu dipasang penguat diantara *base* motor tersebut.

1. Desain *base* dengan penambahan penguat

“Gambar.4” adalah desain *base* dengan penambahan penguat pada sisi motor dengan menambahkan 2 buah *C-beam*. Sedangkan “Gambar.5” adalah desain *base* awal sebelum ditambahkan penguat yang menyebabkan kenaikan nilai vibrasi dikarenakan tidak kuatnya *base* menahan beban di atasnya.



Gambar 4 Bentuk base semula



Gambar 5 Bentuk base redesign

2. Pemilihan profil sebagai penguat

“Gambar.6” adalah penguat yang dipasang di sisi motor dengan beban motor sebesar 13125.78 N, Pemilihan profil dihitung dengan “Persamaan.1”.

$$\sigma_b = \frac{Mb}{W_b} [1] \quad \text{[Persamaan 1]}$$

$$\sigma_b = \text{tegangan bending} \left(\frac{N}{\text{mm}^2} \right)$$

Mb = Momen Bending (Nm)

W_b = Momen tahanan bending (mm^3)

Momen bending dihitung dengan persamaan 2.

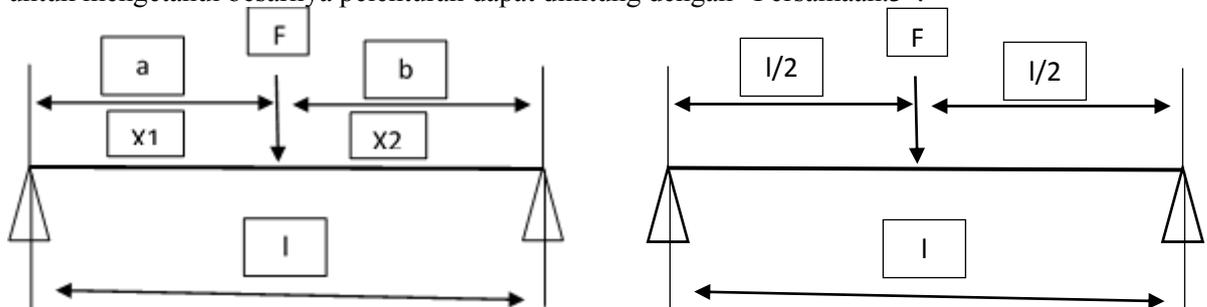
$$\Sigma M = \frac{F l}{12} [2] \quad \text{[Persamaan 2]}$$

F = Gaya yang bekerja (N)

l = panjang (m)

3. Perhitungan pelenturan profil

untuk mengetahui besarnya pelenturan dapat dihitung dengan “Persamaan.3”.



Gambar 6 Sketsa perhitungan pelenturan

Untuk $0 < x_1 < a$;

$$y = \frac{F b x (l^2 - b^2 - x^2)}{6 E I l}$$

$$x = \frac{l}{2}$$

$$y = \frac{F \frac{l}{2} \frac{l}{2} (l^2 - \frac{l^2}{2^2} - \frac{l^2}{2^2})}{6 E I l}$$

$$y = \frac{F \frac{l^2}{4} (l^2 - \frac{2l^2}{4})}{6 E I l}$$

$$y = \frac{F \frac{l^2}{4} (\frac{2l^2}{4})}{6 E I l}$$

$$y = \frac{F l^3}{24 E I} [4] \quad \text{[Persamaan 3]}$$

$$y = \frac{F l^3}{24 E I}$$

Dimana :

y = Pelenturan (mm)

F = Beban dari motor (N)

l = Panjang Cbeam (mm) = 1520 mm

E = Modulus elastisitas $\left(\frac{N}{\text{mm}^2} \right) = 210000 \text{ N/mm}^2$

I = Momen Inersia (mm^4) = 3170000 mm^4

Untuk mencari pelenturan profil maka harus diketahui terlebih dahulu gaya yang bekerja melalui “Persamaan.4”.

$$F = m g$$

$$F = 1338 \times 9.81 = 13125.78 \text{ N}$$

$$y = \frac{F l^3}{24 E I}$$

$$y = \frac{13125.78 \times 1520^3}{24 \times 210000 \times 3170000}$$

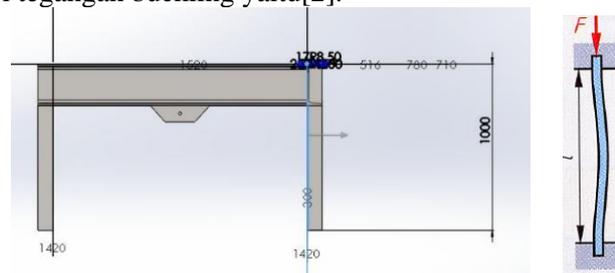
$$y = 2.885134646 \text{ mm}$$

[Persamaan 4][2]

Berdasarkan hasil perhitungan pelenturan didapat nilai pelenturannya adalah 2.885134646 mm.

4. Pemeriksaan terhadap beban *buckling*

Tegangan yang terjadi pada tiang/ pilar penyangga adalah tegangan *buckling*. Tegangan *buckling* terjadi karena adanya gaya berat dari motor dan *blower* yang di tumpu oleh 6 tiang penyangga. Untuk mencari nilai dari tegangan buckling yaitu[2].



Gambar 7 Bagian yang mengalami buckling

$$F = \frac{W_b + W_m}{6}$$

[Persamaan 5]

Dimana :

F = Beban gabungan motor dan blower (N)

W_b = Beban blower (N) = 18148 N

W_m = Beban motor (N) = 13125.78 N

6 adalah jumlah tiang penyangga

$$F = \frac{18148 + 13125.78}{6} = 5212.25 \text{ N}$$

Setelah mengetahui nilai pembebanan yang bekerja, selanjutnya diperiksa dengan pembebanan *buckling*, dapat dihitung dengan persamaan [2]

$$F_{bu} = \frac{\pi^2 \times E \times I}{s^2 \times v}$$

[Persamaan 6]

Dimana :

F_{bu} = Gaya buckling yang diizinkan (N)

E = Modulus elastisitas $\left(\frac{N}{mm^2}\right) = 210000 \frac{N}{mm^2}$

I = Momen Inersia (mm^4) = 3170000 mm^4

s = free buckling length (mm)

v = Safety faktor = 4 (beban dinamis)

Nilai dari Free Buckling length dihitung berdasarkan penahan beam, s dengan load case nomor IV dapat dihitung dengan persamaan[2]

$$s = 0.5 l$$

[Persamaan 7]

$$s = 0.5 \times 1000 = 500 \text{ mm}[2]$$

Setelah mendapat free buckling length maka dapat menghitung pembebanan buckling dengan persamaan

$$F_{bu} = \frac{\pi^2 \times E \times I}{s^2 \times v}$$

[Persamaan 6]

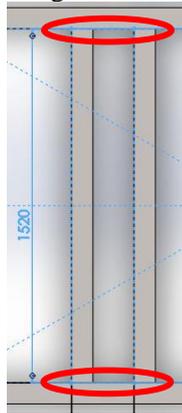
$$F_{bu} = \frac{\pi^2 \times 210000 \times 3170000}{500^2 \times 4}$$

$$F_{bu} = 42236.875 \text{ N}$$

Berdasarkan perhitungan pemeriksaan terhadap beban *buckling* didapatkan bahwa gaya *buckling* yang diizinkan lebih besar daripada beban gabungan motor dan *blower*, hal itu menunjukkan bahwa *base* aman terhadap *buckling*.

5. Perhitungan ukuran lasan

ukuran lasan dengan sambungan *butt joint* dihitung berdasarkan tegangan geser maksimum.



Gambar 8 Bagian Las-lasan yang diperhitungkan

Elektroda las yang digunakan tipe RD718, elektroda tipe tersebut memiliki kekuatan Tarik sebesar 50 Kg/mm²

$$\sigma_t \text{ kawat Elektroda 718} = 50 \frac{\text{Kgf}}{\text{mm}^2} = 490.332 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Poisson ratio untuk iron manganese carbon (μ) = 0.31

$$Wm \text{ (Berat motor)} = 13125.78 \text{ N}$$

$$\tau_g = \frac{m}{m+1} \times \sigma_t [1]$$

[Persamaan 8]

$$m = \frac{1}{\mu} [1]$$

[Persamaan 9]

$$m = \frac{1}{\mu} = \frac{1}{0.31} = 3.225$$

nilai tegangan geser las-lasan :

$$\tau_g = \frac{m}{m+1} \times \sigma_t = \frac{3.225}{3.225+1} \times 490.332 = 374.277 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

tebal las-lasan :

$$\tau_g = \frac{F}{A} [2]$$

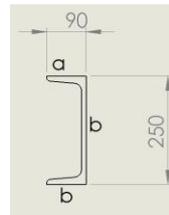
[Persamaan 10]

$$\tau_g = \text{tegangan geser} \left(\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right)$$

$$F = Wm = \text{Berat Motor (N)}$$

$$A = \text{Luasan las - lasan (mm}^2\text{)}$$

Luasan lasan dihitung berdasarkan bentuk profil yang dilas, bentuk profil yang dilas adalah baja channel C beam seperti ditunjukkan "Gambar.9".



Gambar 9 Profil channel C beam

$$\text{dimana } A = (a + b + a) \times t[1]$$

[Persamaan 11]

Jadi ;

$$\tau_g = \frac{F}{A}$$

$$\tau_g = \frac{Wm}{(a + b + a) \times t} =$$

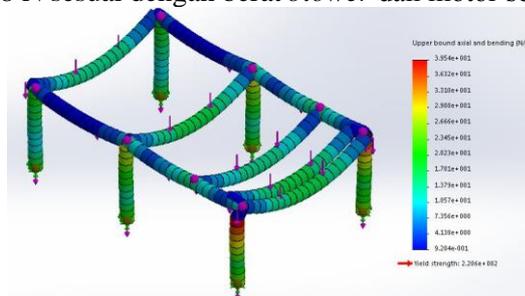
$$374.277 = \frac{13125.78}{(90 + 250 + 90) \times t}$$

$$t = \frac{13125.78}{374.277 \times 430} = \frac{13125.78}{160939.11} = 0.0815 \text{ mm}$$

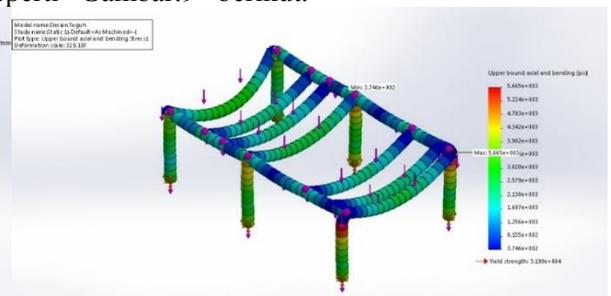
Oleh karena tebal Cbeam adalah 10 mm berdasarkan *textbook machine design Khurmi* maka ketebalan las-lasan minimum adalah 6 mm

6. Hasil analisa kekuatan dengan perhitungan simulasi *software solidwork*

Hasil yang diperoleh dari analisa statik menggunakan *software solidworks* pada struktur *base* dengan diberi beban 31273.78 N sesuai dengan berat *blower* dan motor seperti “Gambar.9” berikut.



Gambar 10 Tegangan bengkok yang terjadi pada *base* sebelum *redesign*

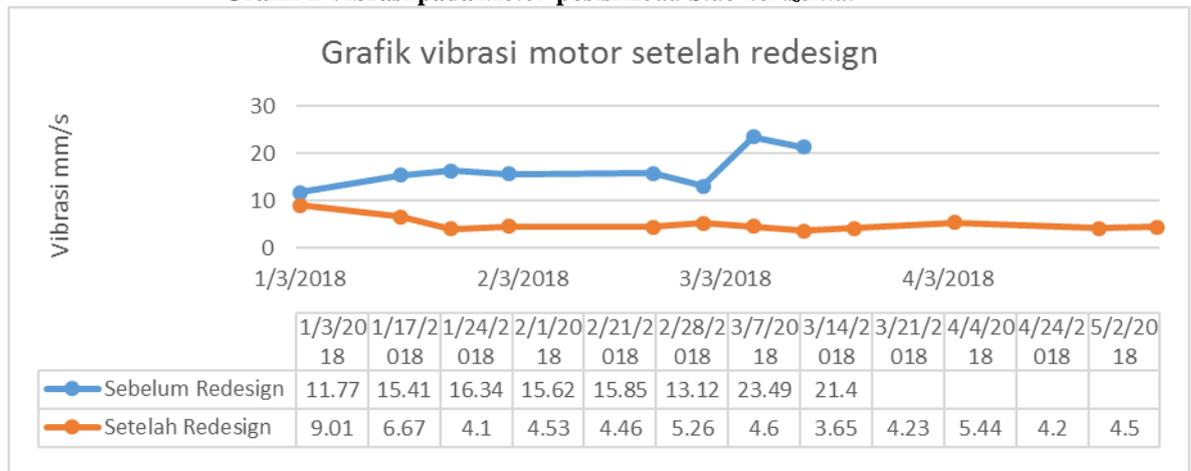


Gambar 11 Tegangan bengkok yang terjadi pada *base* setelah *redesign*

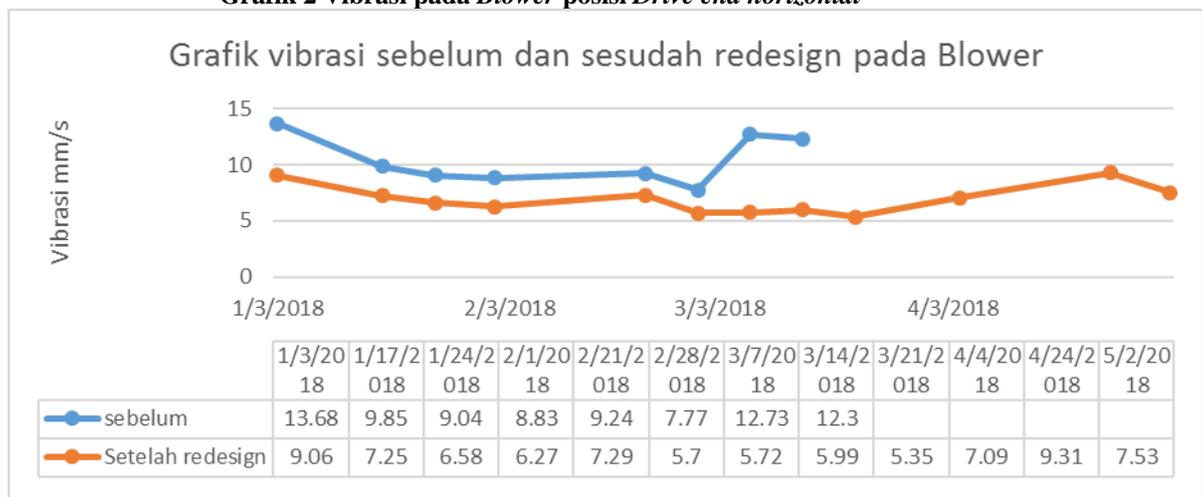
Hasil dari simulasi menunjukkan tegangan bending yang terjadi adalah 2.583 N/mm² dan tegangan maksimumnya adalah 39 N/mm², berdasarkan dengan tegangan bending material *mild steel* yang digunakan adalah 330 N/mm² maka tegangan bending material lebih besar daripada tegangan bending yang terjadi. Oleh sebab itu *base* motor dan *blower* V94-BL2 aman.

7. Nilai vibrasi setelah dilakukan *redesign*

Grafik 1 Vibrasi pada Motor posisi *Load Side horizontal*



Grafik 2 Vibrasi pada Blower posisi *Drive end horizontal*



“Grafik.1” menunjukkan nilai vibrasi pada motor posisi *load side* berdasarkan pengambilan data terakhir yaitu pada tanggal 2 Mei 2018, dari data tersebut dapat dilihat bahwa terjadi penurunan nilai vibrasi setelah dilakukan *redesign*, yaitu dari 23.49 mm/s menjadi 4.50 mm/s. “Grafik.2” menunjukkan nilai vibrasi pada *blower* posisi *Drive End* berdasarkan pengambilan data terakhir yaitu pada tanggal 2 Mei 2018, dari data tersebut juga terjadi penurunan nilai vibrasi, yaitu dari 12.73 mm/s berdasarkan tabel.2 menjadi 7.53 mm/s.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian didapat bahwa terjadi penurunan vibrasi setelah dilakukan *redesign* dari 23.49 mm/s pada motor menjadi 4.50 mm/s dan 12.73 mm/s menjadi 7.53 mm/s sehingga tidak menyebabkan berkurangnya umur sambungan struktur diantaranya munculnya retakan pada sambungan lasan, umur bearing berkurang, dan rusaknya bearing.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada :

1. PT. Holcim Indonesia Tbk. Yang telah menyediakan fasilitas selama pengerjaan tugas akhir.
2. Bapak Mochammad Sholeh, bapak Sutrisno, dan bapak Agung Gunawan, pembimbing tugas akhir Politeknik Negeri Jakarta dan PT. Holcim Indonesia Tbk.
3. Rekan – rekan EVE 11 yang telah memberikan dukungan.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. S. Khurmi and J. K. Gupta, *A Textbook of Machine Design*. New Delhi: Eurasia publishing house (PVT.) LTD, 2005.
- [2] U. Fischer, M. Heinzler, F. Naher, and H. Paetzold, *Mechanical and Metal Trade Handbook*. Germany: VERLAG EUROPA LEHRMITTEL, 2006.
- [3] *Mechanical Vibration of Machines with Operating Speeds from 10 to 200 rev/sec.– Basis for Specifying Evaluation Standards, ISO 2372, 1974.*
- [4] Nash. William and Potter. Merle C. *Stength of Materials Fifth Edition*.2011