

PERANCANGAN ALAT PENGANGKAT VALVE CAGE MESIN DIESEL MIRRLESS KV 12 MAJOR YANG ERGONOMIS (STUDI KASUS DI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA DIESEL TANJUNG SENKGUANG, BATAM)

Ya'lam¹, Nandar Cundara A², Abdullah Merjani³

¹Program Studi Teknik Industri, Universitas Riau Kepulauan Batam

^{2,3}Staf Pengajar Program Studi Teknik Industri, Universitas Riau Kepulauan Batam

Jl. Batu Aji Baru, Batam, Kepulauan Riau

ABSTRAK

Dalam dunia industri, dalam menunjang kelancaran operasional usaha tentunya suatu industri tersebut pasti selalu berusaha untuk mendapatkan hasil yang lebih baik, baik dari segi tenaga kerja atau sumber daya manusia, peralatan, mesin maupun biaya. Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) Tanjung Sengkuang dalam setiap pemeliharaan mesin diesel khususnya pada saat pengangkatan Valve Cage mesin diesel Mirrless KV 12 Major selalu mengalami kesulitan, dimana valve Cage tersebut pada saat pengangkatan, peralatan yang digunakan sangat berat dan cara kerja masih manual yaitu seperti tracker yang diputar dengan kunci pas 46 mm sehingga sangat menguras tenaga para teknisi mesin diesel tersebut.

Adapun tujuan dalam penelitian ini adalah dapat menyelesaikan perancangan alat Pengangkat Valve Cage Mesin Diesel Mirrless KV 12 Major di Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) Tanjung Sengkuang Batam yang ukurannya lebih kecil, lebih ringan yang sesuai dengan batas angkat normal pekerja Indonesia, dan lebih ergonomis

Dengan adanya pemikiran yang mengarah pada kejadian diatas timbulah ide untuk membuat peralatan yang dapat mempermudah mengangkat valve cage mesin diesel Mirrless KV 12 Major Pembangkit Listrik Tenaga Diesel Tanjung Sengkuang. Peralatan hasil karya tersebut dapat meringankan pengangkatan valve cage mesin diesel Mirrless KV 12 Major pada Pembangkit Listrik Tenaga Diesel Tanjung Sengkuang. peralatan hasil rancangan tersebut dimensinya kecil, ringan dan cara kerjanya sangat mudah dan tenaga yang dikeluarkan sangat kecil dan sumber daya yang digunakan lebih sedikit.

Kata kunci: valve cage, ergonomis, perancangan produk

PENDAHULUAN

Salah satu peralatan yang digunakan untuk mengangkat valve cage termasuk peralatan yang dibawa dari Propinsi itu juga. Peralatan untuk mengangkat Valve Cage yang selama ini digunakan tidak ergonomis dalam penggunaannya, sehingga pemakai mengeluh akan alat tersebut dimana dimensinya, ukuran Panjang 400 mm, Tinggi 400 mm, lebar 300 mm, berat peralatan alat untuk mengangkat valve cage tersebut lebih dari 32 kg karena terbuat dari besi plat yang tebalnya 20 mm dan kerangkanya besi pelat 30 mm, sehingga untuk memasang alat tersebut harus dengan tenaga 2 orang, mengingat alat tersebut sewaktu digunakan posisi yang

tinggi (2 meter) dari lantai, untuk menaikkan peralatan tersebut satu pekerja dibawah mengangkat dan satu pekerja lagi diatas untuk menyambutnya. Kondisi tempat pada saat dipakai alat tersebut dengan kemiringan 30° serta kondisi licin karena adanya percikan minyak pelumas dari mesin tersebut, sehingga bisa terjadinya kecelakaan kerja. Kemudian pada saat menggunakan peralatan tersebut sangat menguras tenaga dimana untuk mengangkat Valve cage menggunakan kunci pas 36 mm yang masih disambung lagi dengan pipa diameter 2" dan panjangnya sekitar 800 mm, karena apabila hanya dengan kunci pas 36 mm itu saja tidak kuat karena valve Cage tersebut terlalu lengket dengan cylinder headnya

LANDASAN TEORI

Produk dari tahun ke tahun atau waktu tertentu selalu mengalami perkembangan, baik berdasarkan ide dari dalam ataupun masukan dari luar karena hal ini adalah tuntutan kebutuhan konsumen. Untuk mendesain suatu produk baru, terlebih dahulu harus memahami konsep dalam pengembangan suatu produk.

Perancangan produk pada dasarnya merupakan sebuah langkah strategis untuk bisa menghasilkan produk-produk industri yang secara komersial harus mampu dicapai, guna menghasilkan laju pengembalian modal (*rate of investment*). Ukuran sebuah perancangan produk tidak hanya dilihat dari aspek teknis semata, melainkan harus memenuhi kriteria sukses dalam hal nilai tambah ekonomisnya. Analisa dan evaluasi yang didasarkan pada metode pendekatan tekno-ekonomi tentu saja diperlukan untuk memberikan semacam jaminan agar sebuah perancangan produk mampu memenuhi harapan.

Untuk merancang sesuatu terlebih dahulu kita harus mengetahui pemahaman konsep awal mengenai apa yang perlu dirancang atau perlu dilakukannya perbaikan terhadap perkembangan suatu produk, sehingga hasil yang akan diperoleh akan maksimal.

METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penulisan ini di butuhkan sejumlah data untuk dapat diolah dan di analisa secara teoritis yang meliputi :

1. Data primer adalah data yang diperoleh penulis langsung dari lokasi penelitian, dengan cara melakukan penglihatan secara fisik kemudian melakukan pencatatan data yang dibutuhkan, serta mengadakan wawancara langsung kepada supervisor pemeliharaan, dan manager unit PLTD Tanjung Sengkuang serta data yang berhubungan dengan perancangan produk.
2. Data sekunder yaitu data yang diperoleh penulis dari catatan-catatan operasional atau buku- buku yang berkaitan dengan penulisan tugas akhir ini diantaranya :
 - Manual book pemeliharaan mesin Diesel Mirrless KV 12 Major.
 - Buku laporan Tim pemeliharaan PLTD Tanjung Sengkuang
 - Buku laporan operasional mesin PLTD Tanjung Sengkuang

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengangkat valve cage adalah seperangkat alat bantu yang digunakan untuk membantu mengeluarkan valve cage dari cylinder head, dimana untuk mengeluarkan valve cage dari cylinder head dengan tenaga manusia saja sangatlah tidak mungkin, karena bila valve cage tersebut telah lengket dengan cylinder head akibat kebocoran kompresi dari pembakaran maka tenaga untuk mengeluarkan valve cage tersebut bisa mencapai beban yang sangat berat (1ton / bahkan bisa lebih).

Tabel 1 Pengangkat Valve Cage model Lama

Nama	Ukuran
Pengangkat Valve Cage mesin diesel mirrlees kv 12 major	Panjang 400 mm Lebar 300 mm Tinggi 450 mm Berat 35 kg Bahan besi tuang

Tabel 2 Keterangan Pengangkat Valve Cage Lama

No	Keterangan
1	Mur 36 mm diam yang berfungsi untuk memegang stud bolt agar pada waktu Mur jalan diputar stud bolt tidak ikut berputar
2	Stud bolt yang berfungsi untuk pemegang pengangkat bawah dan dudukan atas alat pengangkat
3	Mur 36 mm jalan, mur ini diputar searah jarum jam sehingga stud bolt akan bergerak keatas dan valve cage akan ikut bergerak ke atas
4	Kaki tumpuan alat
5	Komponen pemegang antara stud bolt atas dan pemegang stud bolt bawah
6	Stud bolt bawah berfungsi untuk mengikat valve cage dan dihubungkan kekomponen alat pengangkat

Pekerjaan mengangkat dan mengangkut jika tidak dilakukan dengan benar dan hati-hati dapat menyebabkan terjadinya kecelakaan kerja maupun penyakit akibat kerja. Oleh sebab itu maka teknik mengangkat dan mengangkut yang benar serta alat mengangkat dan mengangkut yang ergonomis sangat diperlukan untuk mewujudkan efektivitas dan efisiensi kerja.

Kegiatan mengangkat dan mengangkut dipengaruhi oleh beberapa hal yaitu :

1. Beban yang diperkenankan, jarak angkut dan intensitas pembebanan.
2. Kondisi lingkungan kerja yaitu keadaan medan yang licin, kasar, naik turun, dan lain-lain.
3. Ketrampilan bekerja.
4. Peralatan kerja.
5. Ukuran beban yang akan diangkut.
6. Metode mengangkut yang benar.

Disamping itu, jenis kelamin seseorang juga dapat mempengaruhi kegiatan mengangkat dan mengangkut. Cara mengangkat dan mengangkut yang baik harus memenuhi 2 prinsip kinetis, yaitu :

1. Beban diusahakan menekan pada otot tungkai yang kuat dan sebanyak mungkin otot tulang yang lemah dibebaskan dari pembebanan.
2. Momentum gerak badan dimanfaatkan untuk mengawali gerakan.

Untuk menerapkan kedua prinsip kinetis itu setiap kegiatan mengangkat dan mengangkut harus dilakukan sebagai berikut :

1. Pegangan harus tepat, memegang diusahakan dengan tangan penuh dan memegang dengan hanya beberapa jari dapat menyebabkan ketegangan statis lokal pada jari tersebut harus dihindarkan.
2. Lengan harus sedekat-dekatnya pada badan dan dalam posisi lurus. Fleksi pada lengan untuk mengangkut dan mengangkat menyebabkan ketegangan otot statis yang melelahkan.
3. Punggung harus diluruskan.
4. Daggu ditarik segera setelah kepala bisa ditegakkan lagi seperti pada permulaan gerakan. Dengan posisi kepala dan daggu yang tepat, seluruh tulang belakang diluruskan.
5. Posisi kaki dibuat sedemikian rupa sehingga mampu untuk mengimbangi momentum yang terjadi dalam posisi mengangkat. Satu kaki ditempatkan ke arah jurusan gerakan yang dituju, kaki kedua ditempatkan sedemikian rupa sehingga membantu mendorong tubuh pada gerakan pertama.
6. Berat badan dimanfaatkan untuk menarik dan mendorong, serta gaya untuk gerakan dan perimbangan.
7. Beban diusahakan berada sedekat mungkin terhadap garis vertikal yang melalui pusat gravitasi tubuh.

Penyebab Perancangan alat

Penyebab perancangan alat pengangkat yang baru karena faktor tidak ergonomis dapat dilihat pada :

1. Penyelidikan tentang tampilan (*display*)

Pada tampilan alat yang lama terlalu besar, maka pemakai berfikir bahwa alat tersebut terlalu berat sehingga pemakai kurang bersemangat dalam pekerjaan

2. Penyelidikan tentang kekuatan fisik manusia (*fisiologi*)

Karena kekuatan fisik manusia mempunyai batasan-batasan dalam pengangkatan beban, alat pengangkat yang lama dengan berat 35 Kg jika diangkat dengan satu orang dapat menyebabkan sakit pada tulang belakang sehingga dapat menyebabkan kesalahan pada pekerjaan.

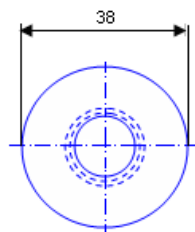
3. Penyelidikan tentang ukuran tempat kerja (*antropometri*)

Ukuran tempat kerja pada mesin tersebut mempunyai ketinggian kurang lebih 2 Meter dari lantai, serta pada dinding atas *cylinder head* basah karena terkena percikan oli dari *cylinder head* tersebut yang mengakibatkan licin sehingga pada saat menggunakan alat tersebut harus lebih berhati-hati.

4. Penyelidikan tentang lingkungan kerja
Lingkungan pada saat pekerjaan pengangkatan dimesin tersebut agak licin, karena adanya percikan oli pada pembuangan yang melewati valve cage tersebut.

Dari faktor yang lainnya :

- a. Alat pengangkat yang lama dari segi ukuran terlalu besar serta mempunyai



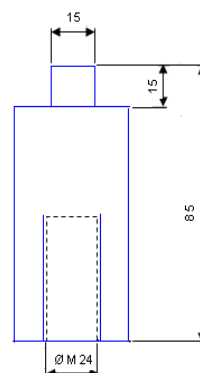
Gambar 1 Komponen 1 (Kaki) pandangan atas

berat 35 Kg, sehingga pada saat pengangkutan dari bengkel ke produksi harus dilakukan oleh 2 sampai 3 orang, sementara batas angkat aman pada pekerja Indonesia hanya 18 Kg .

- b. Dalam segi penggunaan tidak ergonomis memerlukan tenaga yang lebih kuat sehingga sangat menguras tenaga si pekerja.
- c. Dalam segi waktu penggunaan saat mengangkat valve cage membutuhkan waktu yang sangat lama rata-rata 48 menit sehingga tidak efisien.
- d. Dudukan kaki alat hanya bertumpu pada *cylinder head* dan tidak kuat sering goyang sehingga pemakai tidak nyaman dalam menggunakannya.

Menentukan Ukuran Alat Perancangan

1. Menentukan ukuran komponen 1 (kaki)
 - a. Pengukuran pada stud bolt yang ada pada *cylinder head* yaitu diameter ulir M24 tinggi ulir 70 mm, jarak antara stud bolt satu dengan yang lainnya 124 mm sebanyak 4 stud bolt.
 - b. Diameter kaki kurang lebih OD 38 mm
 - c. Tinggi kaki 85 mm
 - d. Diameter slot untuk base plate OD 15 mm
 - e. Kedalaman slot 15 mm



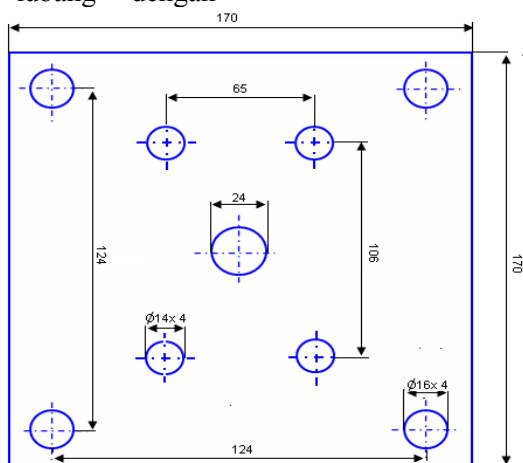
Gambar 2 Komponen 1 (Kaki) pandangan depan

2. Menentukan ukuran komponen 2 (base plate bawah)

- a. Pengukuran jarak stud bolt satu dengan yang lain pada cylinder head diatas 124 mm x 4 buah dengan diameter OD M24 maka ukuran base plate dibuat dengan panjang 170 mm persegi dengan ketebalan 20 mm.
- b. Pengukuran pada valve cage mempunyai 4 lubang dengan

kedalaman 20 mm serta mempunyai ulir M12 yang digunakan untuk mengikan dan mengangkat valve cage.

- c. Jarak antara lubang yaitu 65 mm dan 106 mm.
- d. Dan untuk lubang centernya diberikan lubang dengan diameter OD 24 mm untuk dudukan / tumpuan pada komponen penumpu.



Gambar 3 Komponen 2 (Base Plate Bawah) pandangan atas



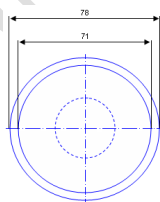
Gambar 4 Komponen 2 (Base Plate Bawah) pandangan depan



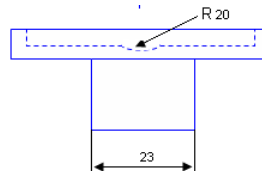
Gambar 5 Komponen 2 (Base Plate Bawah) pandangan samping kanan

3. Komponen 3 (penumpu)

Untuk komponen penumpu ini berfungsi untuk tumpuan stud bolt serta tumpuan pompa hidrolik dengan diameter luar OD 78 mm dengan tebal 20 mm, maka diameter dalam OD 71 mm dengan kedalaman 15 mm, dan diberikan lubang dengan radius R 20, dan slot untuk tumpuan pada base plate bawah dengan diameter OD 23 mm dengan ketebalan 15 mm.



Gambar 6 Komponen 3 (Tumpuan stud bolt) pandangan atas

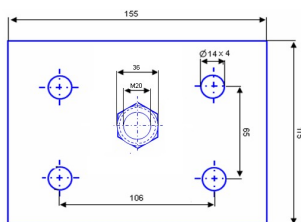


Gambar 7 Komponen 3 (Tumpuan stud bolt) pandangan samping

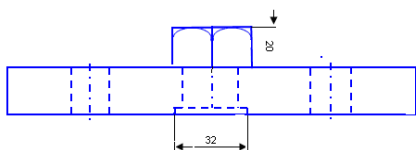
4. Komponen 4 (base plate atas)

Sebelumnya valve cage sudah diukur pada komponen 2 diatas, maka pengukuran panjang dan lebar base plate 155 x 115mm persegi dan jarak antara ke 4 lubang 106 mm dan 65

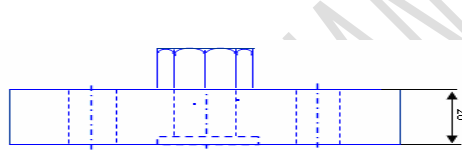
mm serta lubang center (tengah) dengan diameter OD 24 mm untuk kedudukan nut dengan ukuran 36 mm dan M20 serta diberikan slot untuk kedudukan tabung hidrolik.



Gambar 8 Komponen 4 (Base Plate Atas) pandangan atas



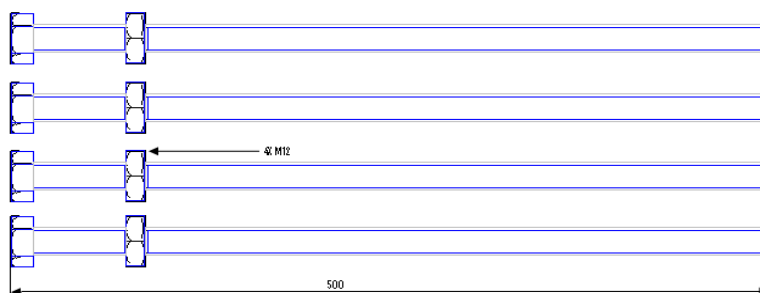
Gambar 9 Komponen 4 (Base Plate Atas) pandangan depan



Gambar 10 Komponen 4 (Base Plate Atas) pandangan samping kanan

5. Komponen 5 (stud bolt M12)

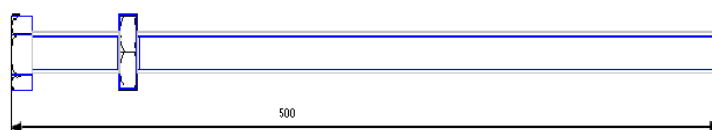
Stud bolt yang digunakan ada 4 buah dengan ukuran diameter M20 dengan panjang 50 mm



Gambar 11 Komponen 5 (stud bolt M12)

6. Komponen 6 (stud bolt M20)

Stud bolt ini hanya satu buah dengan ukuran M20 dengan panjang 500 mm.



Gambar 12 Komponen 6 (stud bolt M20)

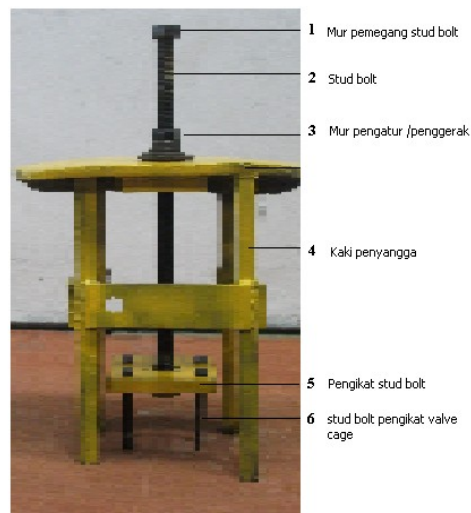
Keterangan :

Satuan pengukuran adalah mm (mili meter)

Analisa Hasil Penelitian

Perbandingan Alat

Perbandingan peralatan antara peralatan yang lama dengan hasil rancangan penulis.



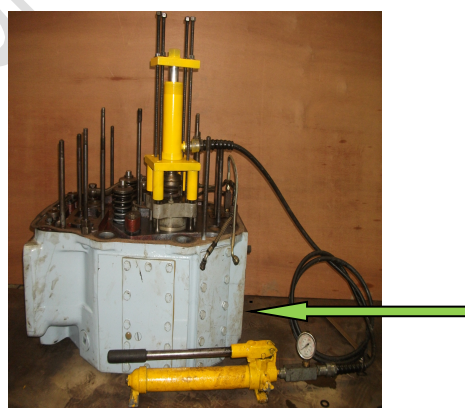
Gambar 13 Pengangkat valve cage yang lama yang bekerja secara manual



Gambar 14 Pengangkat valve cage hasil Perancangan dengan kerja secara manual



Gambar 15 Pengangkat valve penelitian dengan kerja secara manual (panah menunjukkan valve terangkat)



Gambar 16 Pengangkat valve cage digunakan dengan bantuan *hydraulic jack* (panah menunjukkan valve terangkat)

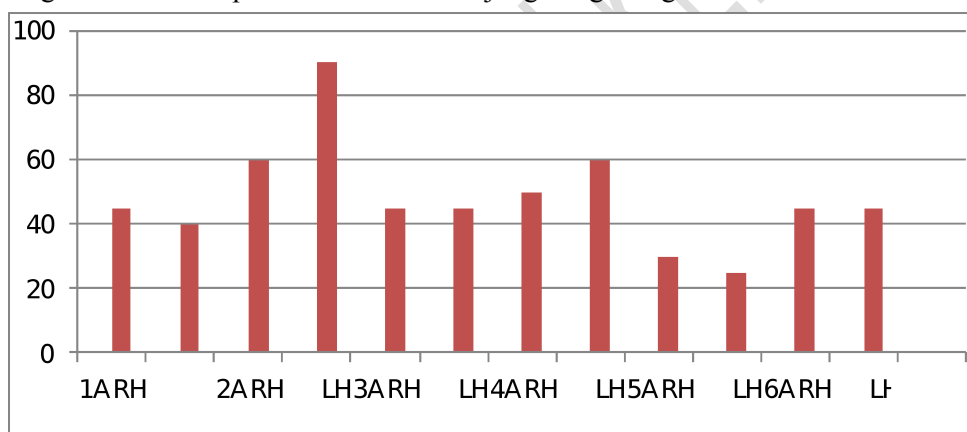
Pengujian Alat Pengujian dengan peralatan manual

Pada tanggal 12 April 2012 mesin diesel mirrlees kv 12 major unit 1 PLTD Tanjung Sengkuang mengalami pemeliharaan. Pada saat itu untuk mengangkat valve cage masih menggunakan peralatan yang lama. Dengan menggunakan peralatan yang ada pada saat itu untuk dapat mengangkat valve cage sebanyak 48 buah yang dikerjakan oleh 2 tenaga kerja didapatkan data sebagai berikut :

Tabel 2 Pengangkatan Valve Cage mesin diesel Mirrless KV 12 major (alat lama)
Tanggal 12 April 2012 Unit I PLTD Tanjung Sengkuang

NO CYLINDER	POSISI	WAKTU (menit)	KETERANGAN
1A	RH	45	Terangkat
	LH	40	Terangkat
2A	RH	60	Rusak ulir
	LH	90	Rusak ulir
3A	RH	45	Terangkat
	LH	45	Terangkat
4A	RH	50	Terangkat
	LH	60	Rusak ulir
5A	RH	30	Terangkat
	LH	25	Terangkat
6A	RH	45	Terangkat
	LH	45	Terangkat

Dibawah grafik alat lama pada unit I PLTD Tanjung Sengkuang

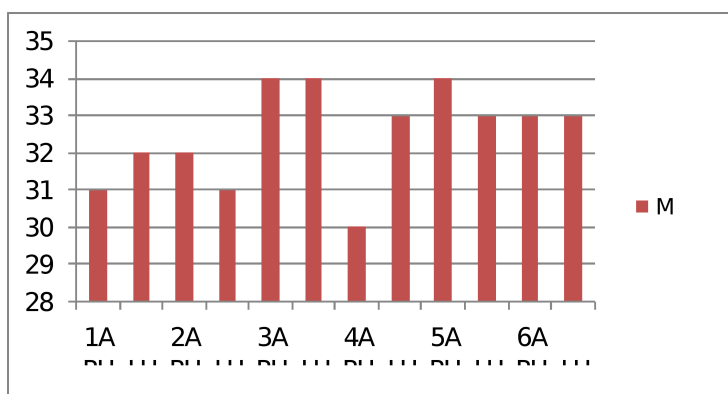


Gambar 17 Alat lama tanggal 12 April 2012 Unit I PLTD Tanjung Sengkuang

Tabel 3 Pengangkatan Valve Cage mesin diesel Mirrless KV 12 Major (alat baru)
Tanggal 3 Mei 2012 Unit I PLTD Tanjung Sengkuang

NO CYLINDER	POSISI	BESAR BEBAN PENGANGKATAN (PSI)	WAKTU (MENIT)	KETERANGAN
-------------	--------	--------------------------------	---------------	------------

1A	RH	440	31	Terangkat
	LH	445	32	Terangkat
2A	RH	450	32	Terangkat
	LH	435	31	Terangkat
3A	RH	470	34	Terangkat
	LH	470	34	Terangkat
4A	RH	420	30	Terangkat
	LH	460	33	Terangkat
5A	RH	475	34	Terangkat
	LH	465	33	Terangkat
6A	RH	455	33	Terangkat
	LH	455	33	Terangkat



Gambar 18 Alat baru diuji tanggal 3 Mei 2012

Hasil Pengujian

Dari hasil pengujian alat perancangan dengan bantuan hidrolik jack didapatkan data sebagai berikut :

1. Tenaga kerja yang digunakan 1 orang
2. Beban yang paling berat untuk mengangkat valve cage mesin diesel unit I PLTD Tanjung Sengkuang adalah 670 psi atau 48 menit pada cylinder 5B pada sisi kanan, kiri dan ulir valve cage rusak
3. Beban yang paling kecil untuk mengangkat valve cage mesin diesel unit I PLTD Tanjung Sengkuang adalah 420 psi atau 30 menit pada cylinder 4A pada sisi kanan dan 6B sebelah kanan
4. Beban yang paling berat untuk mengangkat valve cage mesin diesel unit II PLTD Tanjung

Sengkuang adalah 670 psi atau 20 menit pada cylinder 5B pada sisi kiri ulir valve cage rusak

5. Beban yang paling kecil untuk mengangkat valve cage mesin diesel unit I PLTD Tanjung Sengkuang adalah 420 psi 30 menit pada cylinder 4A pada sisi kanan dan 4B sebelah kanan dan 6B sebelah kiri
6. Stud bold M12 mengalami pemanjangan 4 mm dan tidak terjadi patah, yang digunakan untuk mengangkat Valve Cage sebanyak 48 pcs.
7. Waktu yang digunakan untuk mengangkat valve cage mesin diesel mirrlees kv 12 major untuk mesin 1 dan mesin 2 rata-rata adalah 35 menit

Berikut ini merupakan tabel efisiensi antara peralatan lama dan baru

Tabel 4 Perbandingan efisiensi antara peralatan lama dengan peralatan baru hasil perancangan sebagai berikut :

No	Uraian	Peralatan lama	Peralatan baru
1	Tampilan peralatan	Besar	Kecil
2	Tenaga kerja	2 atau 3 orang	1 orang
3	Waktu penggunaan	rata-rata 48 menit /Valve cage	rata-rata 35 menit /Valve cage 5 Stud Bolt (empat tabel)
4	Kerusakan	5 Stud Bolt (dua tabel)	
5	Ukuran Peralatan		350 mm
	Tinggi	450 mm	170 mm
	Panjang	400 mm	170 mm
	Lebar	300 mm	10 Kg
	Berat	35 Kg	Ada dudukan
	Kaki	Tidak ada dudukan	

Analisa Resiko

a. Analisa resiko penggunaan pengangkat valve cage dari hasil penelitian adalah sebagai berikut :

1. Stud bolt M12 bisa memanjang bahkan bisa patah apabila valve cage mesin diesel Mirrless KV 12 major tersebut terlalu lengket pada cylinder head akibat adanya kebocoran dari kompresi pada ruang bakar
2. Ulir 4 buah pada Valve cage bisa aus atau rusak

b. Pengendalian

Pengendalian untuk menanggulangi resiko diatas yaitu :

1. Apa bila stud bolt M12 mengalami pemanjangan atau patah, dapat diganti dengan dengan stud bolt yang baru akan tetapi kualitasnya yang lebih bagus .
2. Apabila ulir valve cage mengalami rusak atau aus maka langkah selanjutnya adalah melepas *cylinder head* dan untuk melepas valve cage tersebut harus digunakan hidrolis yang lebih besar kapasitasnya.

peralatan yang ukurannya lebih kecil dan beratnya lebih kurang 10 Kg sehingga lebih aman dalam pengoperasionalnya. Dan dengan perbandingan alat lama panjang 400 mm, Lebar 300 mm, tinggi 450 mm, alat baru panjang 170 mm, lebar 170 mm dan tinggi 350 mm.

2. Dengan menggunakan peralatan hasil perancangan, pengangkatan valve mesin diesel Mirrless KV 12 Major pada Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) Tanjung Sengkuang dengan perbandingan dua puluh lima persen (25%) dengan alat yang lama serta lebih mudah, ringan dan lebih efisien dalam pengerjaannya. Dengan perbandingan alat lama 35 Kg, alat baru 10 Kg.
3. Dengan menggunakan peralatan hasil perancangan, pengangkatan valve mesin diesel Mirrless KV 12 Major dapat dikerjakan hanya dengan 1 tenaga kerja.
4. Dari segi keamanan alat perancangan lebih ergonomis karena pada kaki langsung dipasangkan pada *stud bolt* yang ada di *cylinder head*.
5. Berat alat pengangkat yang baru sudah sesuai dibawah batas angkat normal pekerja Indonesia.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengumpulan dan pengolahan data, setelah dilakukan perancangan dan pembuatan alat maka diperoleh perbandingan data sebagai berikut :

- 1 Hasil perancangan pengangkat valve cage mesin diesel Mirrless KV 12 Major pembangkit Listrik Tenaga Diesel PLTD Tanjung Sengkuang dapat menghasilkan

DAFTAR PUSTAKA

- Assauri, S.1985, "Manajemen Produksi dan Operasi", Lembaga Pemerintah, Jakarta.
- Dokumentasi PLTD Tanjung Sengkuang ISO/IEC Guide 17025:2005 dan *Vocabulary of International Metrology (VIM)* Mirrless blackstone (S E Asia) PTE..LTD



- Faried Pradhana 8 Mei 2012, "Sistem Produksi", Operation Process Chart (OPC), [Assembly Process Chart \(APC\)](#), dan [Bill Of Material \(BOM\)](#)
- G Takeshi Sato, N. Sugiarto Hartono 2003 *Menggambar Mesin Menurut standart iso* Cet. 10- Jakarta. Praty Paramita
- Manual book Diesel Engine Mirless KV 12 MAJOR
- Sutalaksana, I. Z. 1979, "Teknik Tata Cara Kerja", Jurusan Teknik Industri, Institut Teknologi Bandung Press, Bandung. Tim Assisten CAD/CAM, 2007, *Buku panduan praktikum CAD/CAM*,
- Ulrich-Eppinger dan Glen L. Urban, "Pendahuluan Pengembangan Produk". Tahun 2004
- Ulrich dan Eppinger "proses pengembangan produk". Tahun 2004
- Wignjosoebroto, S. 1995, "Pengantar Teknik Industri", PT Guna Widya, Jakarta
- Zuhal. 2000. *Dasar Gambar Teknik*. PT Gramedia. Jakarta.