

PERANCANGAN MESIN VACUUM TEST UNTUK MODULATOR DAN TURBINE TELESCOPE

Tri Mulyanto¹⁾, Ahmad Nashrullah²⁾

¹⁾Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri Universitas Gunadarma

²⁾Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Pancasila

Abstrak

Saat proses perakitan Modulator dengan turbin telescope diperlukan proses Vacuum yang merupakan tahap akhir dari proses maintenance alat tersebut. Tujuannya untuk mengeluarkan udara yang terjebak dan menggantinya dengan media fluida oli secara keseluruhan. Untuk itu diperlukan sebuah mesin vakum yang dapat membantu proses tersebut. Mesin yang ada saat ini butuh waktu proses yang cukup lama yaitu 3.5 - 4.5 jam. Dari sisi lain mesin yang ada sekarang ini tidak bisa di pindahkan (fix). Aliran udara dan oli masuk hanya mengandalkan 1 valve, sehingga dibutuhkan alat untuk mempercepat waktu proses yang akan menjadi tolak ukur dan meningkatkan produktifitas.

Proses perancangan juga dibuat agar memudahkan pengoperasian dan mudah dipindahkan dengan merubah total desain yang ada dengan desain baru. Perancangan dimulai dari ide menggunakan 2 valve dari awalnya 1 valve, perubahan sistem operasional, serta kapasitas tabung pengisian kapasitas tabung (oil buck) yang relatif lebih besar.

Mesin vacuum test dengan menggunakan 2 valve buka tutup dan 2 proses yang ada di dalamnya yaitu drawing dan transfer serta juga desain mesin yang mudah di pindahkan dengan menggunakan roller juga kapasitas tabung oli (oil bulk) lebih besar, diharapkan dapat mengatasi permasalahan yang ada selama ini. Ditambahkan yang lebih memudahkan pengoperasian dan meningkatkan pencapaian efisiensi waktu 1-2 jam.

Kata kunci : Mesin Vacuum Test, Modulator, Turbine Telescope.

PENDAHULUAN

Sebuah perusahaan jasa yang bergerak di bidang jasa service pengeboran, atau sebagai kontraktor perusahaan oil and gas khusus dalam penyediaan alat pengeboran. Perusahaan ini terdapat berbagai macam peralatan yang terbagi dalam beberapa divisi yaitu MWD (*Measurement While Drilling*), LWD (*Logging While Drilling*), Motor/Power Drive juga Surface. Divisi-divisi tersebut di pisahkan karena masing-masing memiliki peranan dalam proses pengeboran sumur minyak secara keseluruhan. Ter untuk MWD terdapat alat-alat yang perlu dilakukan perawatan rutin dan berkala disetiap proses selesainya pengeboran/*back load tools*, untuk bisa digunakan kembali pada sumur yang akan dibor selanjutnya. Dalam penggunaan tools ter-sebut merupakan komponen yang berputar secara terus menerus didalam proses kerjanya, dan terdapat oli sebagai media lubrikasi serta tekanan didalamnya. Sebagai media tahanan dan kekuatan dalam proses pengeboran, tekanan didalam tools lebih besar di banding dengan tekanan di luar/tekanan lingkungan pada saat mengebor sumur minyak. Dalam proses ini setiap tools

memiliki karakteristik dan tahanan yang masing-masing mempunyai jangka penggunaan pengeboran berbeda-beda 0-100 jam, >100 jam, >250 jam, >750 jam.

Untuk itu tools yang dilakukan perlakuan pemeliharaan berjenjang (*maintenance service level*) secara berkala yaitu membongkar/pasang berdasarkan dari perhitungan jam kerjanya tools itu sendiri, sehingga masing-masing tools butuh dilakukan pergantian oli juga pengisian oli disaat setelah perawatan (*replaced spare parts*) terlebih dahulu, yang disebut *vacuum test*. Beberapa contoh tools yang di perlukan proses vakum pada MWD Tools salahsatunya adalah *Telescope* yakni komponennya terdiri dari *turbine* dan *modulator*.

Mesin vakum diperlukan dalam proses pertukaran udara dengan fluida (oli), atau pun proses pengisapan udara yang terjebak dalam tools secara optimal untuk menggantikannya dengan fluida (oli), mesin vakum merupakan kombinasi antara *rotary vane pump* dengan komponen lainnya yang dirangkai dalam sebuah sistem.

Rotary Vane Pump adalah salah satu jenis pompa yang termasuk dalam kategori pompa

perpindahan positif (*reciprocating positive displacement pump*) dimana rotor vane pump berupa rotor silinder yang terbungkus dalam casing yang memiliki bentukan yang sama. Fungsi motor yaitu menghisap yang terdapat antara rotor dan casing. Dimana mekanisme kerja vakum test ini adalah menghisap udara yang tertinggal. Mekanisme *rotary vane pump* mirip dengan *scroll compressor*.

Pompa *rotary vane pump* ini menjadi satu bagian penting pada unit mesin vakum, karena mesin tersebut mempunyai fungsi utama sebagai *power soaking* dimana pada pompa menentukan besar daya hisap udara dalam tools, sehingga udara yang terjebak tertarik keluar dan secara keseluruhan udara tersebut di gantikan dengan oli.

Proses pengisapan yang dihasilkan dari *rotary vane pump* ini dimanfaatkan dalam proses vakum untuk menghisap udara dalam tools (*modulator* dan *turbine*) yang terdapat di dalamnya digantikan dengan fluida oli. Pada proses *vacuum test* saat ini butuh waktu proses yang cukup lama, mencapai 3.5-4.5 jam. Sedangkan limit waktu yang terbatas, diperlukan suatu solusi untuk mempercepat waktu proses yang ada saat ini.

Mesin vakum (*vacuum machine*) adalah mesin yang terdiri dari mesin pompa sentrifugal yang dirakit dengan komponen-komponen vakum seperti tabung udara berisikan oli (*chamber*) serta selang (*hose*) yang dihubungkan dengan konektor (*valve*) ke tools untuk menarik udara dari dalam digantikan dengan oli. Dalam proses ini terjadi pergantian udara yang terjebak di dalam komponen yang sudah di rakit (*assembly*) yang harus di gantikan dengan oli secara utuh tanpa ada sisa udara terjebak didalamnya. Karena oli berperan penting sebagai media lubrikasi bagian tools yang berputar juga sebagai media daya tahan tools yang dibentuk dan di desain sebagai kompensasi tekanan (*pressure compensator*) yang fungsinya menahan keseimbangan tekanan di luar sumur minyak bumi dengan tekanan oli di dalam tools yang sedang melakukan pengeboran, idealnya tekanan dalam tools lebih besar ($P_{\text{pressure compensator}} > P_{\text{lingkungan}}$) atau minimal sama dengan tekanan di luar sumur ($P_{\text{pressure compensator}} = P_{\text{lingkungan}}$), guna menghindari masuknya lumpur (*mud*) sehingga akan merusak komponen-komponen tools didalamnya (*mud invaded*). Beberapa rumusan masalah yang timbul guna diperlukannya perancangan ulang mesin *vacuum test turbine* dan *modulator*. Berikut

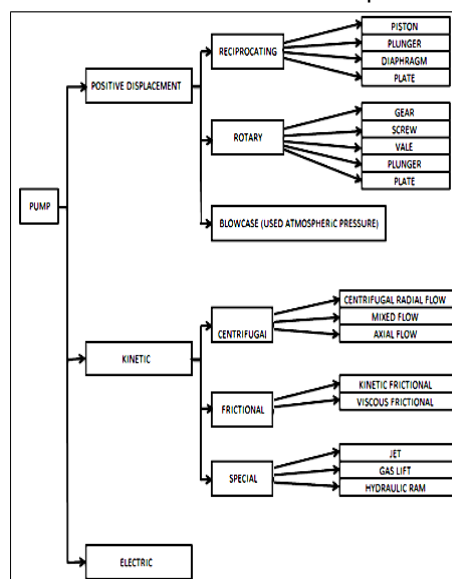
rumusan masalah yang timbul sehingga diperlukan sebuah solusi guna memudahkan penggunaannya :

1. Diperlukan mesin vakum dengan waktu proses yang lebih singkat guna meningkatkan waktu produktivitas juga penghematan waktu proses khususnya *vacuum test*.
2. Diperlukan mesin yang bisa menghasilkan vakum yang maksimal yang di tandai dengan tidak ada udara yang terjebak didalam dan digantikan dengan media fluida oli secara utuh, maka di-butuhkan perancangan dari mesin vakum.
3. Diperlukannya kapasitas mesin dan volume oli yang ditampung lebih besar untuk memampatkan-kannya kedalam tools guna mempermudah pengeluaran pergantian udara dengan oli yang lebih cepat,dalam proses *vacuum test turbine* dan *modulator*.

LANDASAN TEORI

Pompa dapat diklasifikasikan (Tabel 1) berdasar-kan kegunaan, material dari pompa tersebut, dan juga dari cairan ataupun gas yang di alirkan. Namun secara prinsip kerja pompa terbagi menjadi dua jenis yaitu *dynamic pump* dan *positive displacement pump*.

Tabel 1. Klasifikasi Pompa



Sumber : Shin Nippon Machinery Co.,Ltd

Prinsip kerja *dynamic pump* adalah dengan meningkatkan besarnya tekanan

menggunakan putaran dari *impeller* untuk meningkatkan laju kecepatan aliran, Pada jenis pompa ini energi mekanik zat cair ditingkatkan dengan aksi sentrifugal. Pompa dipasang untuk memberikan energy yang diperlukan untuk menarik zat cair dari sumber dan membuatnya mengalir dengan laju alir volumetrik yang konstan pada waktu keluar pada ketinggian tertentu di atas pompa. Pada pompa zat cair masuk melalui sambungan isap dan keluar melalui sambungan buangan. Sedangkan *positive displacement pump* meningkatkan besarnya tekanan dengan menggunakan jumlah volume cairan yang tetap pada ruangan yang terbatas. Pada pompa jenis ini, volume tertentu zat cair terperangkap di dalam satu ruang yang berganti-ganti diisi melalui pemasuk dan dikosongkan pada tekanan yang lebih tinggi melalui pembuang. Pada *reciprocating pump* ruang tersebut adalah silinder stasioner yang berisi piston atau *plunger*. Pada pompa putar (*rotary*) ruangnya bergerak dari pemasuk sampai pembuang dan masuk lagi ke *inlet*. Kapasitas pompa dinyatakan dalam m^3/jam baik untuk fluida cair maupun gas. Dalam satuan U.S kapasitas dinyatakan dalam gallon/min untuk cairan dan ft^3/min untuk gas. Kapasitas dalam satuan volume dapat dikonversi ke dalam satuan massa dengan menggunakan densitas atau *specific gravity*. Apabila fluida yang dialirkan adalah gas, kapasitas harus dihubungkan dengan temperatur dan tekanan inlet.

Pompa vakum merupakan suatu alat yang memindahkan atau mengalirkan fluida. Pompa vakum diciptakan pada 1650 oleh Otto von Guericke.

Pompa vakum banyak digunakan pada :

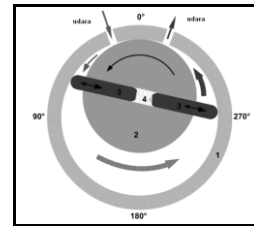
- 1 Proses pencetakan plastic (VRTM)
- 2 Mengemudi beberapa instrument penerbangan di dalam pesawat terbang
- 3 Produksi sebagian besar jenis lampu listrik, tabung vakum, dan CRT dimana perangkat diisi ulang dengan gas tertentu atau campuran gas
- 4 Vacuum Coating untuk dekorasi, untuk daya tahan, untuk penghematan energy.dll

Salah satu contoh pompa yang digunakan dalam aplikasi ini adalah *rotary vane pump*.

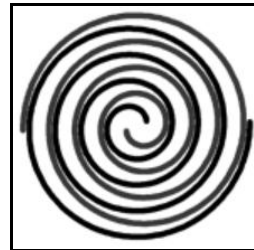
1. Rotary Vane Pump dan Prinsip kerja Rotary Vane Pump

Rotary Vane Pump adalah salah satu jenis pompa yang termasuk dalam kategori *reciprocating positive displacement pump*. Dalam prinsip pompa dan mekanisme kerja *vacuum test* ini fluidanya berupa tarikan udara oleh pompa, mekanisme *rotary*

vane pump mirip dengan *scroll compressor*.



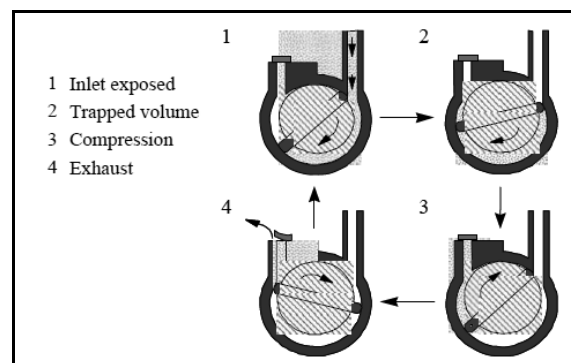
Gambar 1. Rotary Vane Pump Principle



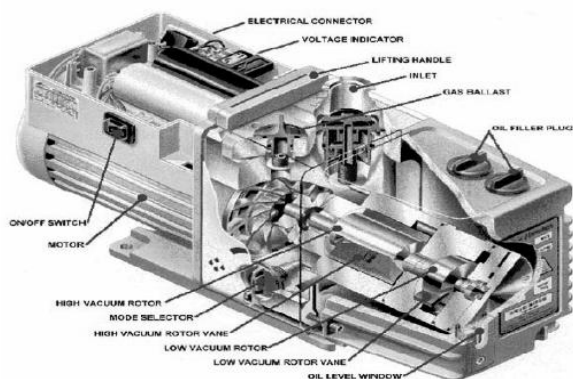
Gambar 2. Scroll Pump

Pompa baling-baling dapat menangani cairan viskositas moderat, yang unggul dalam menangani cairan viskositas rendah seperti gas LP (propana), amonia, pelarut, alkohol, minyak bahan bakar, bensin, dan refrigeran. Pompa vane tidak memiliki kontak logam untuk logam internal dan diri mengkompensasi penggunaannya, memungkinkan mereka untuk mempertahankan kinerja maksimum cairan non-pelumas. Meskipun efisiensi turun dengan cepat, mereka dapat digunakan hingga 500 cPs / 2.300 SSU.

Mekanisme Pompa Vane Bekerja, meskipun konfigurasi yang berbeda, pompa yang paling baling-baling beroperasi di bawah.



Gambar 3. Mekanisme kerja mesin vacuum

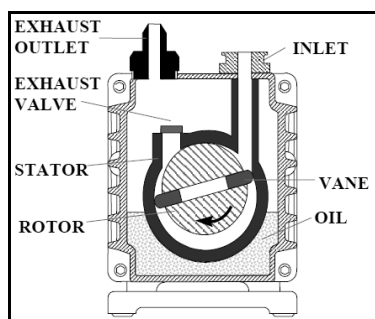


Gambar 4. Gambar bagian dan komponen dari mesin *vacuum* (EDWARD RV5)

2. Motor Listrik

Pada prinsipnya, pompa vakum bekerja dengan metode pengisapan dengan tekanan vakum ($< 1 \text{ atm}$). Pompa vakum yang diamati, merupakan jenis pompa vakum yang sering disebut dengan pompa kinetik. Pompa vakum ini bekerja dengan mengalirkan atau mendorong gas dengan cara sedemikian rupa sehingga gas terdorong dari pompa inlet menuju pompa outlet. Udara dari luar dihisap oleh motor listrik sehingga masuk kedalam tabung vakum, di dalam tabung vakum udara divakum sehingga tekanan udara menjadi sangat rendah. Kemudian udara masuk ke dalam main unit. Di dalam main unit ini udara masuk kedalam pompa inlet menuju pompa outlet.

Katup yang bergerak dalam pompa, akan mempercepat laju molekul gas dan membuat daerah di dalam pompa menjadi bertekanan rendah. Selanjutnya, tangki diisolasi menggunakan katup yang vakum. Katup ini berhenti setiap terjadi pertukaran gas antara wadah dan pompa.



Gambar 5. Skema dan gambar bagian pompa vakum

Kemudian gas memasuki tabung filter. Di dalam tabung filter, gas disaring untuk

menghindari adanya oli ataupun air yang ikut terbawa oleh gas ke pompa keluaran. Pompa vakum terdiri dari satu unit utama yang dibagi menjadi tiga bagian yaitu tabung vakum, tabung filtrasi (terdiri dari tabung filtrasi dan karet filter) dan motor listrik (terdiri dari motor penggerak, rotor, strator dan penyekat).

3. Oli (media fluida)

Fluida merupakan zat yang tidak dapat menahan perubahan bentuk (distorsi) secara permanen. Bila akan mencoba mengubah bentuk suatu massa fluida, maka di dalam fluida tersebut akan terbentuk lapisan-lapisan di mana lapisan yang satu akan mengalir di atas lapisan yang lain, sehingga tercapai bentuk baru. Selama perubahan bentuk tersebut, terdapat tegangan geser (*shear stress*), yang besarnya bergantung pada viskositas fluida dan laju alir fluida relatif terhadap arah tertentu. Bila fluida telah mendapatkan bentuk akhirnya, semua tegangan geser tersebut akan hilang sehingga fluida berada dalam keadaan kesetimbangan.

4. Kekentalan (Viskositas) Oli

Viskositas (η) berhubungan dengan besarnya gaya gesekan antar lapis zat cair itu, dan juga antara zat cair dengan dinding pipanya. Fluida cair yang mengalir di dalam pipa, jenis alirannya dapat berupa aliran laminar atau aliran turbulen. Kedua jenis aliran itu terkait dengan nilai n , massa jenis (ρ), dan kelajuan alir (v) zat cair, serta diameter pipa (D) dimana fluida itu mengalir. Hal itu dinyatakan dalam bilangan Reynold (Re):

$$R_e = \frac{\rho v D}{\eta}$$

Ketika Re kecil (< 2000) maka zat cair mengalir secara laminar (setiap bagian zat cair itu mengalir menuruti garis arusnya sendiri, dan garis arus itu tidak pernah saling berpotongan). Sebaliknya, bila Re besar (> 4000) maka fluida mengalir secara turbulen (terjadi arus pusar). Persamaan (1) memperlihatkan bahwa Re kecil bila η besar Artinya, keberadaan η yang semakin besar membuat aliran cenderung laminar.

Ketika aliran zat cair itu laminar, maka dikuasai persamaan Poiseuille. Jika zat cair mengalir di dalam pipa sepanjang l berjari R , viskositas (kekentalan) η , pada

debit Q maka persamaan Poiseuille itu dinyatakan:

$$Q = \frac{\pi R^4 \Delta P}{8 \eta l}$$

Mengacu persamaan (2), pada R , l , dan ΔP yang sama maka Q menjadi kecil bila n besar. Itu disebabkan Q sebanding dengan kelajuan alir zat cair (v) pada R yang tetap. Artinya, n zat cair berbanding terbalik dengan v . Formulasi inilah yang digunakan sebagai dasar Viskosimeter Ostwald, yaitu pengukuran n berdasarkan kelajuan alir zat cair.

5. Tekanan Pada Zat Cair

Tekanan yang diakibatkan oleh zat cair yang diam pada suatu kedalaman tertentu disebut *Tekanan Hidrostatik*. Besarnya tekanan hidro-statis tergantung pada ketinggian zat cair, massa jenis zat cair, dan percepatan gravitasi bumi. Untuk menghitung tekanan dalam zat cair digunakan persamaan berikut :

$$P = \rho \cdot g \cdot h$$

dimana

P = tekanan (N/m^2);

ρ = massa jenis (kg/m^3)

h = kedalaman (m)

g = percepatan gravitasi bumi (m/s^2)

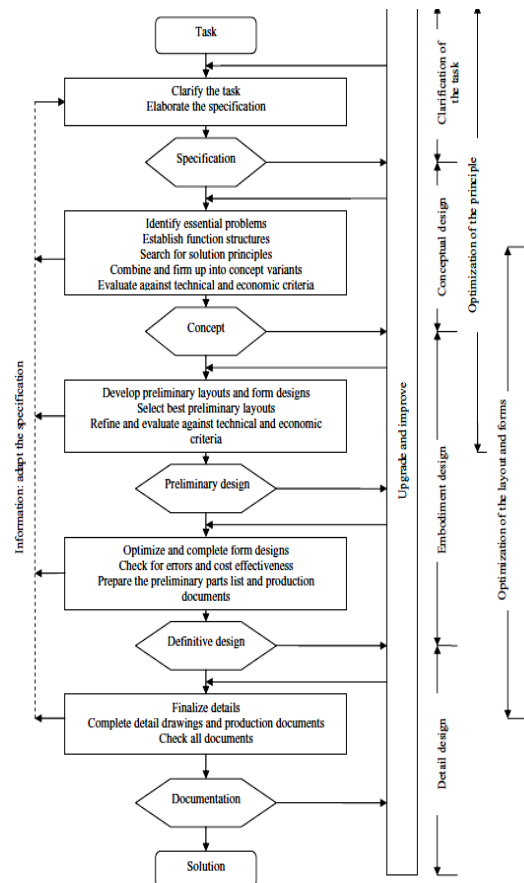
6. Metode pengambilan desain rekayasa.

Merancang sarana diuraikan ide diselenggarakan untuk memecahkan masalah. Dengan ide ini dibutuhkan sebuah metode yang dapat digunakan untuk mewujudkan ide ini adalah untuk menghasilkan sebuah karya nyata dan ber-tanggung jawab yang ilmiah

a. Metode Pahl dan Beitz

Sebuah pendekatan desain sistematis untuk evaluasi konsep yang dikembangkan di Jerman, dan metode evolusi didasarkan pada penggunaan nilai analisis. Desain ke-seluruhan dari produk dipecah menjadi desain untuk modul fungsional yang terpisah.

Setiap modul dapat dipertimbangkan secara independen dengan interaksi antara mereka sedang disimpan ke minimum.



Gambar 6. Flowchart Metode Pahl dan Beitz

b. Metode VDI

Dengan menggunakan langkah-langkah kerja yang terdapat dalam VDI 2221, beberapa varian produk dianalisa kemudian memilih kombinasi terbaik, mengevaluasi-nya dengan menentukan nilai keseluruhan varian konsep.

7. Pro/ENGINEER

Pro/ENGINEER adalah sebuah perangkat lunak desain berbasis gambar 3 dimensi (memiliki massa, volume dan pusat gravitasi).

Komponen 3 dimensi dengan propertinya (massa, volume, pusat gravitasi) Gambar 3 dimensi bisa langsung digunakan untuk aplikasi perangkat lunak CAE (Computer Aided Engineer-ing) dan CAM (Computer Aided Manufacturing). Dengan aplikasi CAE maka bisa dilihat perilaku suatu komponen ketika mendapat gaya, pembebanan, perlakuan panas, dll.

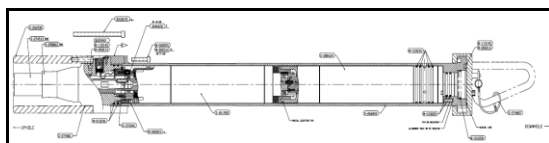
METODOLOGI PENELITIAN

Hasil penelitian yang baik ditentukan oleh metodologi penelitian yang tersusun secara baik dan terstruktur, oleh karena itu pada bagian ini akan dipaparkan langkah-langkah penelitian yang dilakukan dan metode yang digunakan dalam menganalisis perubahan desain mesin *vacuum test turbine* dan *modulator tools telescope* di PT Dowell Anadrill Schlumberger.

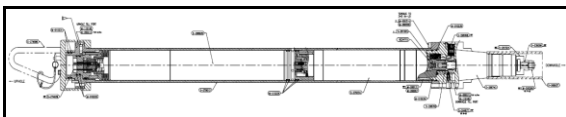
A. Studi Pendahuluan

1. Studi Lapangan

Penelitian ini dilakukan di PT Dowell Ana-drill Schlumberger waktu proses penarik-an udara pada *tools turbine* dan *modulator* yang butuh waktu proses 4 s/d 6 jam/tools. Hal ini mendorong peneliti untuk melakukan inovasi perubahan desain untuk mempercepat proses *vacuum test* yang lebih singkat dan efisien.



Gambar 7. Modulator



Gambar 8. Turbine

2. Studi Literatur

Studi literatur ini dilakukan dengan cara membaca buku-buku, jurnal, dan sumber referensi lainnya yang berkaitan dengan masalah *maintenance* dan *reliability* serta perancangan manufaktur yang bersifat teoritis maupun data-data relevan yang mendukung proses pemecahan masalah dan analisis serta alternatif.

B. Pokok Permasalahan

Kegiatan penggunaan mesin *vacuum test* sangat rutin digunakan dalam proses perawatan berkala setiap setelah proses *maintenance*. Namun dan sering terjadinya kendala dalam waktu prosesnya 4 s/d 6 jam per tools, sehingga dibutuhkan waktu cukup lama untuk menggantikan media oli (*turbine oil Aerosheell 560*). Berdasarkan data perawatan *turbine* dan *modulator* waktu proses yang dibutuhkan sebelum sampai

vacuum test adalah 3 s/d 4 jam. sekaligus *vacuum test* kurang dari 1 hari (≤ 7 jam).

C. Pengumpulan Data

Untuk mendapatkan data, digunakan beberapa teknik pengumpulan data, antara lain :

1. Metode Dokumentasi

Diperoleh dari aktifitas vakum selama periode singkat Januari 2012 - February 2012. Adapun data-data yang dikumpulkan adalah :

- Waktu dan frekuensi *vacuum test*
- Subsistem pada mesin *vacuum*.
- Metode pengambilan perancangan.

Berikut data frekuensi *vacuum test* dengan waktu *maintenance (dissassembly to assembly)*.

Tabel 2. Cycle time vacuum test (turbine dan modulator)

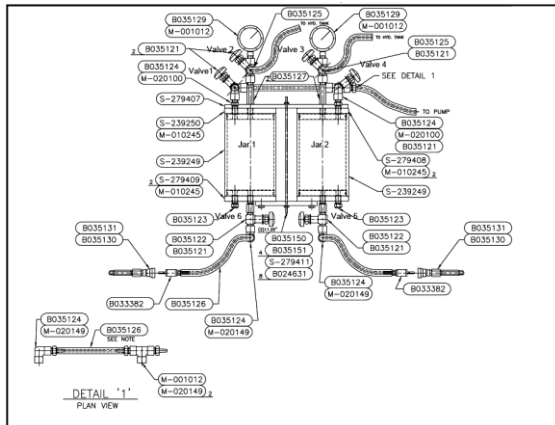
M10 Cycle time result

| No | Date | M10 Tools Assy | | Maintenance Times | | Vacuum Times | Total Time |
|----|-----------|----------------|---------|-------------------|----------|----------------|------------|
| | | Modulator | Turbine | Dissassembly | Assembly | | |
| 1 | 1/1/2012 | Modulator | | 2 Hours | 2 Hours | 4 Hours 30 min | 8.5 Hrs |
| 2 | 1/2/2012 | | Turbine | 2 Hours | 2 Hours | 5 hours | 9 Hrs |
| 3 | 1/3/2012 | Modulator | | 2 Hours | 2 Hours | 5 hours | 9 Hrs |
| 4 | 1/4/2012 | | Turbine | 2 Hours | 2 Hours | 4 hours | 8 Hrs |
| 5 | 1/5/2012 | Modulator | | 2 Hours | 2 Hours | 4 Hours 30 min | 8.5 Hrs |
| 6 | 1/6/2012 | | Turbine | 2 Hours | 2 Hours | 5 hours | 9 Hrs |
| 9 | 1/9/2012 | Modulator | | 2 Hours | 2 Hours | 4 Hours 30 min | 8.5 Hrs |
| 10 | 1/10/2012 | | Turbine | 2 Hours | 2 Hours | 4 Hours 30 min | 8.5 Hrs |
| 11 | 1/11/2012 | Modulator | | 2 Hours | 2 Hours | 4 hours | 8 Hrs |
| 12 | 1/12/2012 | | Turbine | 2 Hours | 2 Hours | 5 hours | 9 Hrs |
| 13 | 1/13/2012 | Modulator | | 2 Hours | 2 Hours | 4 Hours 30 min | 8.5 Hrs |
| 16 | 1/16/2012 | | Turbine | 2 Hours | 2 Hours | 4 Hours 30 min | 8.5 Hrs |
| 17 | 1/17/2012 | Modulator | | 2 Hours | 2 Hours | 4 hours | 8 Hrs |
| 18 | 1/18/2012 | | Turbine | 2 Hours | 2 Hours | 4 Hours 30 min | 8.5 Hrs |
| 19 | 1/19/2012 | Modulator | | 2 Hours | 2 Hours | 5 hours | 9 Hrs |
| 20 | 1/20/2012 | | Turbine | 2 Hours | 2 Hours | 4 hours | 8 Hrs |
| 21 | 1/23/2012 | Modulator | | 2 Hours | 2 Hours | 4 Hours 30 min | 8.5 Hrs |
| 22 | 1/24/2012 | | Turbine | 2 Hours | 2 Hours | 5 hours | 9 Hrs |
| 23 | 1/25/2012 | Modulator | | 2 Hours | 2 Hours | 4 hours | 9 Hrs |
| 24 | 1/26/2012 | | Turbine | 2 Hours | 2 Hours | 4 Hours 30 min | 8.5 Hrs |
| 25 | 1/27/2012 | Modulator | | 2 Hours | 2 Hours | 4 hours | 8 Hrs |
| 26 | 1/30/2012 | | Turbine | 2 Hours | 2 Hours | 5 hours | 9 Hrs |

Sumber : Schlumberger, 2011

Dalam grafik diatas menunjukkan waktu vakum test lebih lama dibandingkan dengan waktu bongkar pasang (*maintenance time starting disassembly to assembly times*), yang seharusnya tidak lebih besar dari waktu *maintenance*.

Berikut ini adalah sistem pengoperasian mesin vacuum test yang digunakan sejak Januari 2009 - maret 2012.



Gambar 9. Mesin *vacuum test* yang ada

Metode mengambil solusi perancangan yang digunakan metode Pahl and Beitz dengan metode Wawancara (*Brainstorming*)

D. Pengolahan dan Analisa Data

1. Pengolahan Data

Dalam analisis keandalan, laju kerusakan mesin ditentukan dengan konsep Pahl dan Beitz (1964). Langkah-langkah dalam pengolahan data adalah sebagai berikut :

a. Permasalahan

Melakukan perubahan, baik desain baru atau sebuah modifikasi terhadap desain lama dengan tujuan mendapatkan efisiensi waktu yang lebih singkat serta perubahan daya dan kapasitas oli dalam chamber untuk mempercepat waktu proses dalam *vacuum test*. Diantaranya :

- 1) Merubah kapasitas volume oli chamber sebagai media untuk *vacuum area* yang lebih besar
 - a) daya tampung
 - b) besar tekanan yang di timbulkan pada saat *vacuum test*.
- 2) Menggantikan daya dan kapasitas mesin dengan model baru dan *brand new*.
- 3) Merubah aliran sirkulasi antara *vacuum test* dengan filling setelah proses vakum lebih mudah di-operasikan.
- 4) Menggantikan fungsi mesin yang permanen / fix menjadi bisa dipindah-pindah (*moveable*).

b. Spesifikasi

Pada mesin *vacuum* yang telah ada mesin dipasang dalam areal tetap kekurangannya adalah (fix

placement), mesin tersebut tidak bisa di pindah posisikan. Dengan hasil analisa dan tinjauan lapangan mesin *vacuum test* yang dirancang akan mudah dipindahkan dan meningkatkan daya hisap dengan rancang bangun *chamber* yang lebih besar dengan menggunakan mesin vakum baru yaitu *rotary vane p*, dari *Edward RV5*.

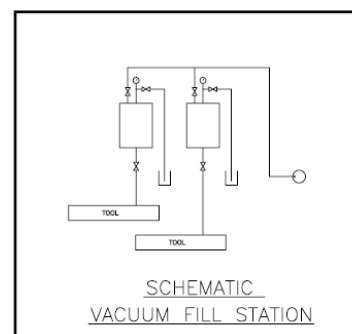
c. Konsep

Dengan menganalisa kendala kendala yang ada dan mencari beberapa solusi sehingga rancangan mesin yang akan dibuat berupa perubahan-perubahan diantaranya :

1. Desain chamber baru dengan volume kapasitas oli yang lebih besar
2. Daya mesin yang lebih besar sehingga mempercepat waktu laju proses.
3. Siklus alir *vacuum test* mempercepat proses dan skema yang kompleks guna memisahkan keadaan *vacuum* dan *transfer*.

d. Desain Awal

Dalam desain awal ini konsep perpindahan oli hanya berlaku jika *chamber* (tabung) oli mengalami vakum, kemudian valve pengatur dibuka tutup di *release* sehingga udara yang telah terjebak dalam *chamber* keluar bebas, dan oli yang ada dalam *chamber* masuk ke dalam tools, berikut ini adalah proses mekanisme awal oli masuk ke dalam tools secara bertahap.



Gambar 10. Prinsip kerja mesin *vacuum* saat ini

Kelemahan dari desain awal ini adalah :

1. Kapasitas *chamber* yang kecil.
2. Hanya mengandalkan vakum dalam 1 *chamber* dan 1 valve.
3. Waktu proses *vacuum* + *filling* (masuk) oli yang cukup lama.

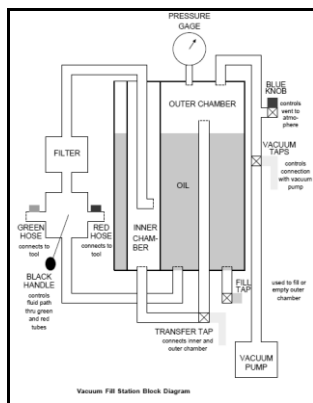
Tabel 3. *House of quality* perancangan mesin vakum

Keterangan simbol-simbol yang menunjukkan hubungan:
 ▲ hubungan yang kuat
 ■ hubungan yang sedang
 ● hubungan yang lemah

Keterangan nilai-nilai yang menunjukkan tingkat pemenuhan persyaratan pelanggan:
 1: Sama sekali tidak memuaskan
 2: Hanya sedikit memuaskan
 3: Agak memuaskan
 4: Hampir memuaskan
 5: Memuaskan

e. Penentuan desain terbaru

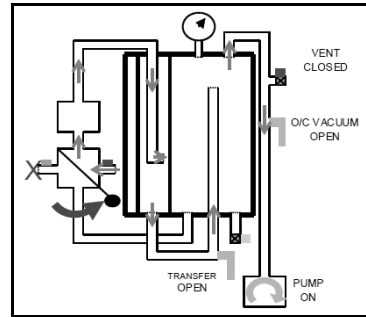
Dengan dirancangnya mesin *vacuum test*, terdapat 2 proses yang disebut :



Gambar 11. Desain terbaru *Vacuum Test*

1) Drawing

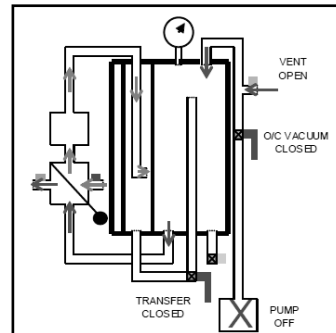
Yaitu proses penghilangan udara yang terjebak dan terkontaminasi dalam oli serta memastikan kondisi *outer chamber* dalam keadaan vakum, sehingga terpisahkan antara udara dan oli secara sempurna.



Gambar 12. Proses *Drawing*

2) Transfer

Yaitu proses pemindahan media oli (*aeroshell turbine oil 560*) dari *outer chamber* ke dalam *tools* sambil membawa udara ke dalam *inner chamber*.



Gambar 13. Proses *Transfer*

f. Pengumpulan dokumen

Pengumpulan data dan dokumen yang berhubungan dengan sebuah perancangan.

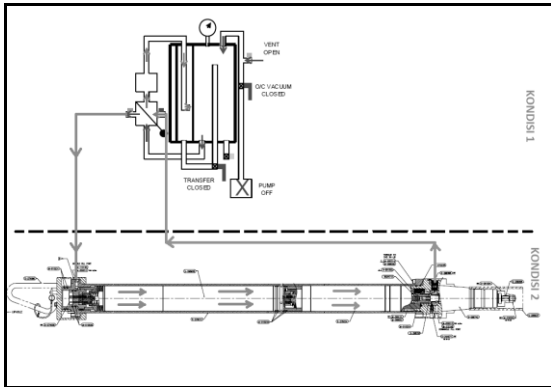
g. Solusi

Dengan dirancang dan mengolah kon-sep dari mesin *vacuum test* yang ada, memecahkan permasalahan yaitu dalam segi laju proses dan efisiensi proses percepatan aliran udara keluar dari *tools* menuju *inner chamber* dan digantikan secara utuh dari *outer chamber* ke dalam *tools*.

PERANCANGAN DETAIL

A. Perhitungan waktu proses dengan waktu real mesin vakum test

Dalam pembahasan perhitungan dibawah ini menjelaskan bahwa terdapat beberapa hitungan yang terkait dalam proses vakum yang akan dirancang ini, berikut gambarannya.



Gambar 14. Analisa Perhitungan Kondisi 1 dan 2

Nilai hambatan akan mempengaruhi berapa lama waktu proses laju aliran fluida oli dalam proses vakum pada alat ini diantaranya : kecepatan aliran, luas penampang aliran, faktor Friksi, viskositas, densitas fluida. Juga kerugian yang terdapat di dalam aliran fluida diantaranya :

1. Kerugian Tekanan (*Pressure Drop*)
2. Kerugian Head (*Head Loss*)

Berikut ini adalah hasil analisa pengukuran setelah terealisasi dibuat. Dalam aktualisasi praktikal alat vakum terdapat beberapa hasil pengujian disaat mesin telah di realisasikan dalam perancangan.

Tabel 4. Data hasil pengukuran Mesin baru dan mesin desain lama *vacuum test*

| Alat yang divakum | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | Keterangan |
|-------------------|---------|-------|---------|-------|-------|-------|---------|-------|------------|
| Turbine | 4.5 Hrs | 5 Hrs | 4.5 Hrs | 5 Hrs | 4 Hrs | 5 Hrs | 4.5 Hrs | 4 Hrs | Vacum lama |
| Turbine | 1.5 Hrs | 2 Hrs | 2 Hrs | 2 Hrs | 1 Hrs | 2 Hrs | 1.5 Hrs | 2 Hrs | Vacum baru |
| Modulator | 4 Hrs | 4 Hrs | 4.5 Hrs | 4 Hrs | 4 Hrs | 4 Hrs | 4.5 Hrs | 4 Hrs | Vacum lama |
| Modulator | 1.5 Hrs | 1Hrs | 1.5 Hrs | 1 Hrs | 1 Hrs | 1 Hrs | 1.5 Hrs | 2Hrs | Vacum baru |

Sumber : Des 2012,Schlumberger

B. Perhitungan konstruksi dan volume pada mesin vakum baru

Tujuan dilakukannya perhitungan dilakukan untuk tujuan mengetahui spesifikasi teknik yang digunakan seperti menentukan spesifikasi plat dan besar kekuatan yang dibutuhkan sehingga menopang beban yang ditumpu.

1. Massa dudukan plat atas aluminium (*top/ bottom base plate*)
2. Massa dudukan plat penyangga (*cover plate*)
3. Massa tabung kecil dalam (*inner oil buck*)

4. Massa tabung besar luar (*outer oil buck*)
5. Perhitungan beban pada oil chamber 1, jika kondisi penuh dalam tabung
6. Perhitungan kekuatan material plat.

C. Tentang pembuatan dan pengoperasian data hasil studi lapangan

Tabel 5. Data hasil pengukuran waktu proses *vacuum test* mesin baru

Cycle time Waktu Vacuum Test (mesin baru)

| NO | Telescope | | Set Up time (Hrs) | | Vacuum Time | Total | Hrs |
|----|-----------|-----------|-------------------|-------------|-------------|-------|-----|
| | Turbine | Modulator | Assembly | Disassembly | | | |
| 1 | Turbine | | 0.25 | 0.5 | 2 | 2.75 | Hrs |
| | | Modulator | 0.3 | 0.5 | 1.5 | 2.3 | Hrs |
| 2 | Turbine | | 0.3 | 0.4 | 1.5 | 2.2 | Hrs |
| | | Modulator | 0.25 | 0.5 | 2 | 2.75 | Hrs |
| 3 | Turbine | | 0.3 | 0.3 | 2 | 2.6 | Hrs |
| | | Modulator | 0.25 | 0.3 | 1.5 | 2.05 | Hrs |
| 4 | Turbine | | 0.3 | 0.4 | 2 | 2.7 | Hrs |
| | | Modulator | 0.3 | 0.25 | 2 | 2.55 | Hrs |
| 5 | Turbine | | 0.25 | 0.4 | 2 | 2.65 | Hrs |
| | | Modulator | 0.25 | 0.4 | 1.5 | 2.15 | Hrs |
| 6 | Turbine | | 0.25 | 0.4 | 2.5 | 3.15 | Hrs |
| | | Modulator | 0.3 | 0.4 | 1.5 | 2.2 | Hrs |
| 7 | Turbine | | 0.3 | 0.4 | 2 | 2.7 | Hrs |
| | | Modulator | 0.25 | 0.4 | 2 | 2.65 | Hrs |
| 8 | Turbine | | 0.3 | 0.3 | 1.5 | 2.1 | Hrs |
| | | Modulator | 0.3 | 0.3 | 2 | 2.6 | Hrs |
| 9 | Turbine | | 0.25 | 0.3 | 1.5 | 2.05 | Hrs |
| | | Modulator | 0.25 | 0.5 | 1.5 | 2.25 | Hrs |
| 10 | Turbine | | 0.25 | 0.5 | 2 | 2.75 | Hrs |
| | | Modulator | 0.3 | 0.5 | 1.5 | 2.3 | Hrs |
| 11 | Turbine | | 0.3 | 0.5 | 2 | 2.8 | Hrs |
| | | Modulator | 0.3 | 0.4 | 1.5 | 2.2 | Hrs |
| 12 | Turbine | | 0.2 | 0.4 | 2 | 2.6 | Hrs |
| | | Modulator | 0.3 | 0.4 | 1.5 | 2.2 | Hrs |
| 13 | Turbine | | 0.2 | 0.4 | 2 | 2.6 | Hrs |
| | | Modulator | 0.3 | 0.3 | 1.5 | 2.1 | Hrs |

Sumber : Schlumberger ,Jan 2013

PENUTUP

A. Kesimpulan

Dengan dirancangnya mesin vacuum test yang baru makan proses vakum yang berlangsung pada *modulator* dan *turbine* M10 mendapatkan kelebihan diantaranya :

1. Waktu proses lebih cepat dari awalnya 4,5 jam menjadi 1,5-2 jam .
2. Kapasitas tabung pengisian (chamber) yang lebih besar yaitu $5,6637 \times 10^{-4} \text{ m}^3$ atau 56,637 liter.
3. Pengoperasian mesin yang sederhana, serta lebih mudah alihkan dalam penggunaannya sesuai dengan tempat yang tersedia.
4. Perubahan skematik diagram alir oli dimana udara digantikan dengan oli dalam waktu yang lebih singkat dengan sistem *drawing & transfer*.
5. Waktu set up instalasi proses vakum lebih singkat.

B. Saran

1. Dalam melakukan perancangan suatu produk, hendaknya memperhatikan factor teknis, dan faktor ergonomis agar dapat menghasilkan konsep perancangan sesuai dengan kebutuhan.
2. Dalam langkah desain selanjutnya, hendaklah lebih mengutamakan faktor safety, karena faktor tersebut merupakan faktor yang fundamental di dunia industri.

DAFTAR PUSTAKA

1. Butterworth-Heinemann, Elsevier, *Design Engineering Manual*, First Edition, Burlington, MA 01803, USA
2. Nigel Cross, 2005, *Strategies for Product Design, Engineering Design Methods*, Fourth Edition, The Open University, Milton Keynes, UK.
3. Harsokoesoemo, H. Darmawan, 2004, *Pengantar Perancangan Teknik*, Penerbit ITB, Bandung.
4. Potter, Le.C., D.C.Winggert, and Bassem H. Ramadhan, 2001, *Mechanics of Fluids Fourth Editions, SI, USA*
5. Massey, Bernard Stanford and John Ward Smith, *Mechanics of Fluids*, Volume 1
6. http://en.wikipedia.org/wiki/Rotary_vane_pump (diunduh 24 April 2012)
7. <http://www.shell.com/product/aeroshell560> (diunduh 17 Juli 2012)
8. http://www.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDDoc/Handbook_For_Design_For_Design_of_Undersea_Pressure (diunduh 2 Agustus 2012)
9. Tsokos, K.A., *Standard and Higher Level, Physics for the IB Diploma* Fifth Edition. Cambridge University Press.
10. www.edwardsvacuum.com/Products/76950/overview/Product_Details.aspx (diunduh 30 Januari 2013)
11. Dorf, Richard C., 2004, *Press LLC, Handbook of Engineering Tables*, University of California, Davis, CRC