

BAB II

LANDASAN TEORI

A. Tinjauan Umum

1. Pengertian optimalisasi

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia Optimalisasi adalah berasal dari kata dasar optimal yang berarti terbaik, tertinggi, paling menguntungkan, menjadikan paling baik, menjadikan paling tinggi, pengoptimalan proses, cara, perbuatan mengoptimalkan (menjadikan paling baik, paling tinggi, dan sebagainya) sehingga optimalisasi adalah suatu tindakan, proses, atau metodologi untuk membuat sesuatu (sebagai sebuah desain, sistem, atau keputusan) menjadi lebih/sepenuhnya sempurna, fungsional, atau lebih efektif. (<http://kbbi.web.id/optimal>)

Optimalisasi banyak juga diartikan sebagai ukuran di mana semua kebutuhan dapat dipenuhi dari kegiatan-kegiatan yang dilaksanakan. Menurut Winardi (1996:363) optimalisasi adalah ukuran yang menyebabkan tercapainya tujuan. Secara umum optimalisasi adalah pencarian nilai terbaik dari yang tersedia dari beberapa fungsi yang diberikan pada suatu konteks.

2. Pengertian *sewage plant* dan prinsipnya

Berdasarkan tim penyusun Kemenhub dalam pesawat bantu kapal niaga (2013:18-20) bahwa *sewage plant* adalah pesawat bantu yang berada di atas kapal yang digunakan untuk pengolahan *sewage* atau kotoran dari manusia. Dimana cara kerjanya yaitu dengan jalan *sewage* yang berada di dalam *toilet* didorong oleh tekanan angin dan air dari *hydrofor tank* kemudian mendorong *sewage* menuju ke tangki. pengolahan di tangki ini *sewage* dihancurkan pertama oleh angin bertekanan dan setelah melebur dipindahkan ke tangki lain dan ditambahkan *chemichal* untuk membunuh bakteri, sehingga saat dibuang ke laut tidak

menyebabkan terganggunya pencemaran dan setelah itu dapat dibuang ke laut.

Hal berbeda dikemukakan tim penyusun *Breanging engineering* (2002:1) bahwa *sewage plant* adalah unit *sewage plant* yang menggunakan sebuah pompa untuk menghisap udara. sehingga air dan *sewage* dapat mengalir dalam pipa, karena tidak ada penghambat aliran air, sehingga dapat diisap bersama udara yang tersisa, pada langkah sama pompa tersebut juga menghancurkan *sewage* dan memindahkannya ke tangki, tanpa menggunakan *chemical*, karena *sewage* telah dihancurkan, sehingga dapat dibuang ke laut dalam bentuk *liquid*.

3. Proses – proses dalam system *vacum* pada *sewage plant*

a. *Vacum* pada pipa saluran *sewage*

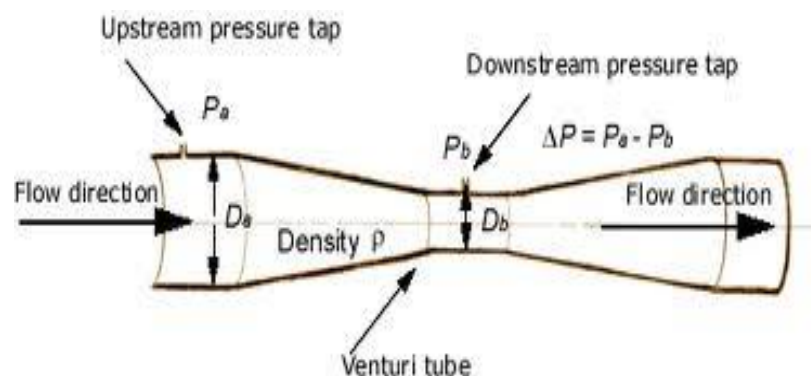
Menurut Al-Semmary (2012:69-70) prinsip pada pipa ini adalah dengan mengurangi volume udara. Karena penurunan tekanan ini dapat diketahui kurangnya volume udara, yang tidak menghambat aliran air dalam pipa sehingga dapat mengalir. Hal ini dapat diketahui dengan rumus:

$$P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$$

dengan suhu konstan, dari rumus ini dapat dimanfaatkan mengetahui pengurangan volume udara dalam pipa, membuat air dapat mengalir dalam pipa. Pengurangan udara ini dengan memanfaatkan isapan dari *evac pump*. Dan dapat dijabarkan lagi mengikuti berbagai bentuk pipa yang dapat diketahui dengan :

$$P_1 + pgh_1 + Pv^2 = P_2 + pgh_2 + \frac{1}{2} pv^2$$

dimana pada pipa yang *horizontal* $h_1 = h_2$, $pgh_1 + pgh_2$, sehingga $P_1 + \frac{1}{2} pv_1^2 = P_2 + \frac{1}{2} pv_2^2$, disini $v_1 > v_2$ maka $P_2 < P_1$ akibatnya $P_1 - P_2 = \frac{1}{2} p(v_2^2 - v_1^2)$ padahal $P_1 = P_B + pgh_a$, $P_2 = P_B + pgh_b$ bila pada pipa *vertical* di mana $h_1 - h_2$ maka $P_1 - P_2 = pgh$,



Gambar 2.1 pipa *venturi*

dari hal tersebut pada *branches* antara pipa mendatar dan tegak. Seperti gambar di atas yaitu perubahan diameter pipa untuk meningkatkan tekanannya, dimana pada pipa tegak dihubungkan dengan pompa, dengan adanya tekanan dari pipa *vertical* atau perubahan diameter pipa yang lebih besar oleh pipa isap, maka udara dapat diisap dan meningkatkan sehingga air dapat mengalir.

b. Pengisapan dan pemindahan air, udara dan *sewage* oleh *evac pump*.

Prinsip ini dimana dengan menghisap udara dalam pipa, agar air dapat mengalir ke pompa dengan gravitasi yang ada pada pipa *vertical*.

Dimana menggunakan daya pusar *fluida* (air) untuk menghisap zat yang ada di dalam pipa, di mana:

$$H_k = \frac{v_d^2}{2 \cdot g} - \frac{v_s^2}{2 \cdot g}$$

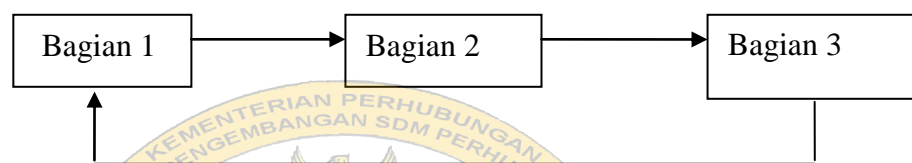
untuk membandingkan tekanan pada sisi isap dan keluar, sisi isap ini mempunyai daya yang lebih tinggi dari sisi tekan, hal ini ada kerugian daya pompa yaitu untuk menghancurkan *sewage*, serta kerugian akibat pipa dalam mengalirkan air. Dengan kerugian ini membuat isap pompa berkurang, daya dari pompa ini dapat dihitung dengan :

$$NP = \frac{Q \times H \times \gamma}{75}$$

dengan hal ini dapat diketahui kemampuan isap pompa.

Dengan melihat pada kemampuan *head* dari tekan pompa, bila kemampuan tekan menurun maka daya isap pun menurun, maka dengan penurunan ini membuat *sewage* akan tertahan di sisi *toilet*.

Secara siklus pada system *vacum* pada *sewage plant* ini yang digunakan untuk pengaliran air dalam jumlah yang seminimalisir dan pengolahan dengan pompa untuk penghancuran dan pemindahan *sewage* ke laut, dimana ada 3 zat yang ada yaitu *sewage*, air, udara untuk pengaliran *sewage* dapat digambarkan sesuai gambar berikut:



Gambar 2.2 bagan pengoperasian *sewage plant*.

Dimana pada setiap bagian ini diberikan penjelasan :

- Bagian 1: Air yang ada di pompa, saat air di pusar membuat daya isap pada pompa.
- Bagian 2: Akibat daya isap pompa, udara dalam pipa terisap dan keluar dari pompa, sehingga tekanan dan volume udara dalam pipa menjadi turun.

Bagian 3: Turunnya volume udara membuat air yang masuk ke dalam pipa dapat mengalir dan membawa *sewage* menuju ke pompa dan air ini menggantikan air di pompa yang dibuang ke tangki/laut.

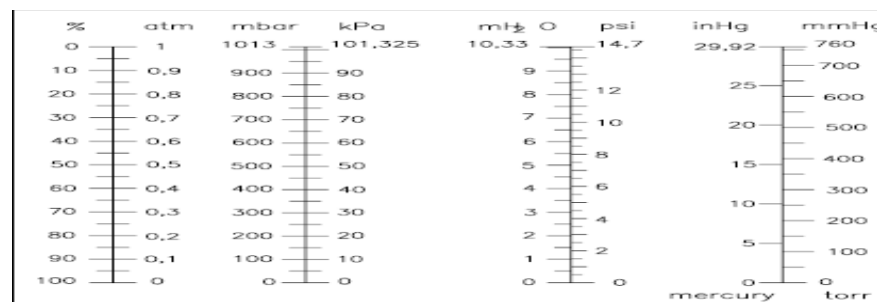
4. Penjelasan tentang *vacum*

Menurut Al-shemmer dalam *engineering fluid mechanic* (2012:20)

“*vacum a perfect is completely at empty space in which. therefore the pressure is zero*”

Menurut Rao dan Grosh (2008:1-2) *vacum* adalah keadaan dimana tekanan molekul udara di dalam ruang mencapai 10^{-11} tor (1 torr = 1mmHg = 0 bar), yang mana bila semakin tinggi kedudukannya tekanannya akan semakin menurun. Penurunan dan pengeluaran molekul udara ini dilakukan oleh pompa, sehingga tekanan dalam pipa hanya sekitar 760 cmHg. Selain hal itu pada keadaan molekul udara yang lebih kecil, dari pada molekul di udara atmosfer yang mana setiap molekul udara adalah 10^{19} tor. Hal ini dapat digunakan untuk molekul lain dapat bergerak di dalamnya.

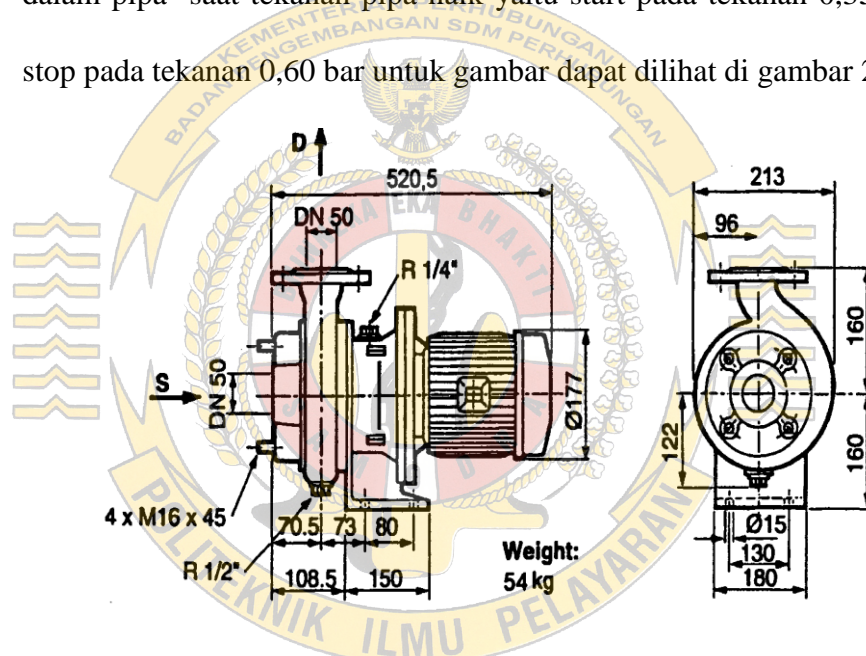
Yaitu bila volume udara naik maka akan meningkatkan tekanan udaranya yang sama dengan volume air yang naik akan meningkatkan tekanannya, oleh karena itu dengan dengan naiknya volume udara ke dalam pipa, volume air pun juga akan naik dan bila volume udara turun maka volume air pun akan turun, dengan penurunan volume udara maka air akan dapat mengalir walaupun sedikit karena tidak adanya molekul udara yang menghalangi air untuk mengalir dalam pipa. Senada dengan pendapat galileo (1964:23) yang mana air dapat mengalir di ruang *vacum* walau dalam jumlah sedikit karena tidak adanya hambatan dari udara.



Gambar 2.3 diagram perbandingan satuan *vacum*.

5. Pengertian *evac pump*

Evac pump adalah pompa *centrifugal* yang mempunyai elemen utama yakni berupa motor penggerak dengan sudu *impeller* yang berputar dengan kecepatan tinggi, serta meleburkan *sewage* menjadi *pulp sewage* dan memindahkan ke *holding tank* untuk ditampung sementara sebelum dibuang ke laut, untuk cara kerjanya yaitu menghisap air *sewage* dan udara dalam pipa saat tekanan pipa naik yaitu start pada tekanan 0,35 bar dan stop pada tekanan 0,60 bar untuk gambar dapat dilihat di gambar 2.5.



Gambar 2.4 *evac pump*

6. Prinsip kerja *sewage plant* tipe *vacum*

Berdasarkan Gambar 2.4 dalam *pipng diagram* menerangkan bahwa prinsip *sewage plant* dengan sistem *vacum* ini adalah saat di toilet menerima *sewage* kemudian dilakukan *flusing* yaitu dengan mendorong tombol penekan di toilet, penekanan akan diteruskan ke piston yang kemudian mendorong udara *vacum* untuk mendorong *lifter membrane* dengan terdorongnya ini maka *fd valve* akan membuka dimana pada

pembukaan *fd valve* ini hanya berkisaran antara 3-5 detik untuk mencegah udara luar masuk terlalu banyak ke dalam pipa, dengan memanfaatkan *vacum* yang ada dalam pipa melalui *vpc controller* untuk mengontrol pembukaannya dan *supply* air, terbukanya *fd valve* ini akan mengalirkan air dan *sewage* yang telah berada di toilet menuju ke tangki melalui pengaliran, karena dalam pipa ini *vacum* sehingga air mengalir tanpa ada penghalang yaitu molekul udara, maka air dapat secara langsung bergerak dalam pipa, dengan gerakan air yang juga membawa *sewage* dan udara luar yang ikut masuk selama *fd valve* membuka maka akan menaikkan tekanan. Naiknya tekanan ini membuat *pressure switch* menangkap signal kenaikan tekanan dan menggerakkan *evac pump*, maka air akan diisap, setelah masuk ke pompa akan dihancurkan menjadi *pulp sewage* kemudian dipindahkan oleh rotor menuju ke tangki dalam bentuk (*liquid*), di tangki penampungan (*holding tank*) setelah volumenya mencapai $\pm 5 \text{ M}^3$ maka dilakukan pembuangan dengan *sewage* ke laut saat jarak lebih dari 12 NM dari darat dan saat kapal berlayar dengan kecepatan lebih dari 4 Knot.

Oleh sebab itu bila tidak terjadi *vacum* (tekanan lebih dari 1 bar) di dalam pipa yaitu dengan kenaikan volume udara dalam pipa yang tidak diimbangi dengan kemampuan pompa sebagai alat untuk mengeluarkan udara yang ada dalam pipa menyebabkan aliran air terhambat, dengan terhambatnya aliran air menyebabkan *sewage* akan berhenti di toilet, bila *sewage* hanya berhenti di toilet akan menyebabkan pencemaran udara

maupun juga bila langsung dibuang ke laut dapat dalam bentuk *solid*, serta tanpa pengolahan dapat menyebabkan pencemaran laut.

6. Bagian-bagian dari sistem *vacum toilets*

Toilets, pipa *vacum* dan *evac pump* merupakan bagian terpenting dari terciptanya *vacum* di dalam sistem *toilets* dan terdapat bagian-bagian utama yang di dalamnya sebagai berikut:

a. *Evac pump*

Adalah sebuah pompa *centrifugal* dan fungsinya adalah untuk memvacumkan ruangan dengan mengambil udara pada pipa sampai tekanan di bawah tekanan atmosfer, menghancurkan *sewage* dan memindahkannya ke tangki penampungan untuk menghisap *fluida* yang ada dalam pipa. Prinsip pompa *centrifugal* dalam menghasilkan *vacum* dapat menghisap zat.

Menurut Lesker (2007: 10) adalah bila di dalam ruang pompa terdapat zat dan bila zat itu dipindahkan, maka zat akan terhisap oleh karena gerakan dari pompa sentrifugal akan menarik zat dari sisi isap baik itu udara maupun air dari penjelasan ini terdapat beberapa bagian yang ada di dalamnya.

1). *Flap valve*

Flap valve ini digunakan untuk *valve* sisi isap serta menahan kebocoran dari sisi pipa *vacum* agar tidak terjadi kebocoran saat rotor berputar sehingga udara maupun air yang terdapat dalam pipa *vacum* dapat terisap secara sempurna oleh *evac pump*.

2). Ruang sisi isap pada *evac pump*

Ruang ini digunakan untuk penampung sementara dari air serta *sewage* yang telah *vacum* atau diisap oleh *evac pump* dan di sini digunakan untuk menghentikan atau menyaring benda-benda asing yang ikut terhisap oleh *evac pump* sehingga tidak akan mengganggu komponen selanjutnya.

3). *Macerator*

Macerator ini digunakan menghisap air yang mengangkut *sewage* berdasarkan tekanan *vacum* pada pipa serta menghancurkan *sewage* yang masuk ke *evac pump*. Penghancuran *sewage* ini menjadi *pulp sewage* sehingga akan menjadi seperti air yang mana nantinya dapat ditampung di tangki dalam bentuk *liquid* agar dapat dibuang ke laut.

4). *Rotor*

Berguna untuk meningkatkan tekanan serta menekan *sewage pulp* menuju ke tangki, selain itu menimbulkan gaya putar pada cairan untuk dapat menghisap cairan lain yang berada dalam pipa.

5). *Sealing liquid*

Menurut Smith dalam *aux machinery* (1975:72-73) *sealing liquid* berfungsi untuk mengisi bagian antar ruang pompa *centrifugal* ini yang mana sebagai pemindah awal agar terbentuk daya isap dari perputaran cairan ini.

6). *Shaft seal*

Berguna untuk mencegah kebocoran cairan dari rotor yang telah dibangkitkan menuju ke bagian bodi motor melalui celah-celah

shaft sehingga dapat menyebabkan *grounding* pada motor serta kekurangan air/bocornya air *sealing*.

7). *Preesure chamber*

Sebagai ruang pemampat untuk menaikkan tekanan buang dari pompa agar *liquid* dapat dipindahkan ke tangki.

8). *Electric motor*

Electric motor ini digunakan sebagai tenaga pembangkit untuk membangkitkan tenaga putar pompa, dengan membuat tenaga *electromagnetic* untuk diubah menjadi tenaga mekanik melalui perpotongan kumparan dan medan magnet. Dimana dengan keadaan *ampere* dan *voltase* yaitu 440 volt yang harus normal untuk membuat rpm motor dalam keadaan stabil.

b. *Toilet FD* dengan *VPC controler valve*

Untuk kerja di *toilet* dengan memanfaatkan *vacum* dalam pipa yang salurkan ke *VPC controller* untuk mengatur pembukaan *fd valve* dan *supply* air, *vacum* ini digunakan untuk mengangkat *lifting membrane* melalui penekan *starting cylinder* dan setelah tombol penekan ditekan akan mendorong piston di *starting cylinder* yang kemudian mendorong udara *vacum* ke *lifting membrane* sehingga *fd valve* selama piston terdorong oleh udara atmosfer, setelah piston kembali ke posisi semula udara *vacum* akan kembali sehingga *lifting membrane* kembali ke posisi semula dan *fd valve* kembali menutup. Dari hal tersebut berikut bagian-bagian dari *toilet fd valve* dengan *vpc controler valve*.

1). *Flexible ring hose*

Digunakan sebagai saluran bilas air, ketika air yang ada di *toilet bowl* terhisap oleh sisi *vacum* untuk kebutuhan air untuk *transport sewage* dari *toilet* menuju ke *evac pump*.

2). *FD valve*

Digunakan sebagai *valve* utama yang mana berguna sebagai pembatas sisi antara ruang *vacum* dan sisi atmosfer dari *toilets bowl*, serta mengatur *sewage* dan air yang akan diteruskan ke sistem *vacum* pada pipa *sewage plant*.

3). *Starting valve*

Digunakan untuk sebagai *mechanisme* pengatur untuk *mechanis* membuka sisi untuk *FD valve* yang akibat tekanan adanya tekanan dari *release bottom* sehingga tekanan atmosfer yang datang sebagai pembatas akan masuk dan mendorong membran ini. Untuk membuka *FD valve*, selain itu piston ini dihubungkan dengan *water level* yang akan terbuka dan mengalirkan air ke dalam *toilet bowl* untuk membilas *sewage* dari *toilet*.

4). *Release bottom*

Digunakan untuk tombol pengoperasian secara mekanik untuk menggerakkan *vpc controler* untuk membuka *FD valve*.

5). VPC controler valve

Berguna untuk mengontrol pembukaan sisi *vacum* pada *bowl toilet* untuk dapat mengangkut *sewage* ke dalam pipa *vacum* serta mengatur banyaknya air *flushing* untuk menambah sedikit gaya dorong terhadap *sewage* agar dapat menuju ke tangki pengolahan dan mencegah lolosnya tekanan atmosfer ke ruang pipa.

c. Sistem pipa saluran *sewage*

Untuk pipa agar dapat mengalirkan air, pada ruang *vacum* ini berlaku hukum berneulli yang di jelaskan dalam rumus :

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g h_1 = P_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g h_2$$

yang berarti bahwa pipa ini mengalirkan *fluida* (air) berdasarkan perbedaan ketinggian sehingga menghasilkan *gravity* dan pada kondisi hampa udara ini air dapat melaju secara lebih cepat karena tidak ada penghalang molekul udara (hukum berneulli), untuk itu tiap pipa dibuat dalam beberapa bentuk untuk mendukung hukum berneulli tersebut. Berikut adalah bagian-bagiannya:

1). *Collecting unit tank*

Untuk menampung sementara *sewage* saat *evac pump* berhenti atau tidak terjadi kevacuman.

2). *Branches, bands* dan *rodding point*

Merupakan sambungan miring pipa yang mana digunakan untuk mencegah *backflow* dari *sewage* dan air pada pipa *horisontal* selain itu mengurangi kecepatan udara agar *sewage* dapat terbawa, sehingga tidak memerlukan air yang banyak untuk mengangkutnya.

d. *Pressure switch*

Sebagai *switch* yang bekerja dengan berdasarkan perubahan tekanan dalam pipa, dimana kenaikan tekanan ini akan mendorong pegas, dari pegas ini akan menghubungkan aliran listrik menuju ke motor untuk memutar motor dimana pada penyetelan start 0,30 bar dan stop 0,60 bar.

Dari masing-masing tiap komponen tersebut terdapat sistem perpipaan di dalam *sewage plant* dimana di sini dijaga untuk tetap konstan untuk *vacum* yang dihasilkan oleh *evac pump*, di mana terdapat perbedaan *vacum* yang pada sisi *toilet* 30% dan pada bagian sisi isap pompa mencapai 55%. Maka untuk menjaga dalam kondisi *vacum* adalah sebagai berikut:

- 1). Mencegah masuknya udara luar secara berlebihan ke dalam pipa sehingga volume udara tidak secara terus menerus bertambah dalam pipa (max 160 liter) yang dapat dilihat dari naiknya tekanan lebih dari 0,25 bar dengan memastikan *fd valve* dan sambungan pipa menutup rapat.

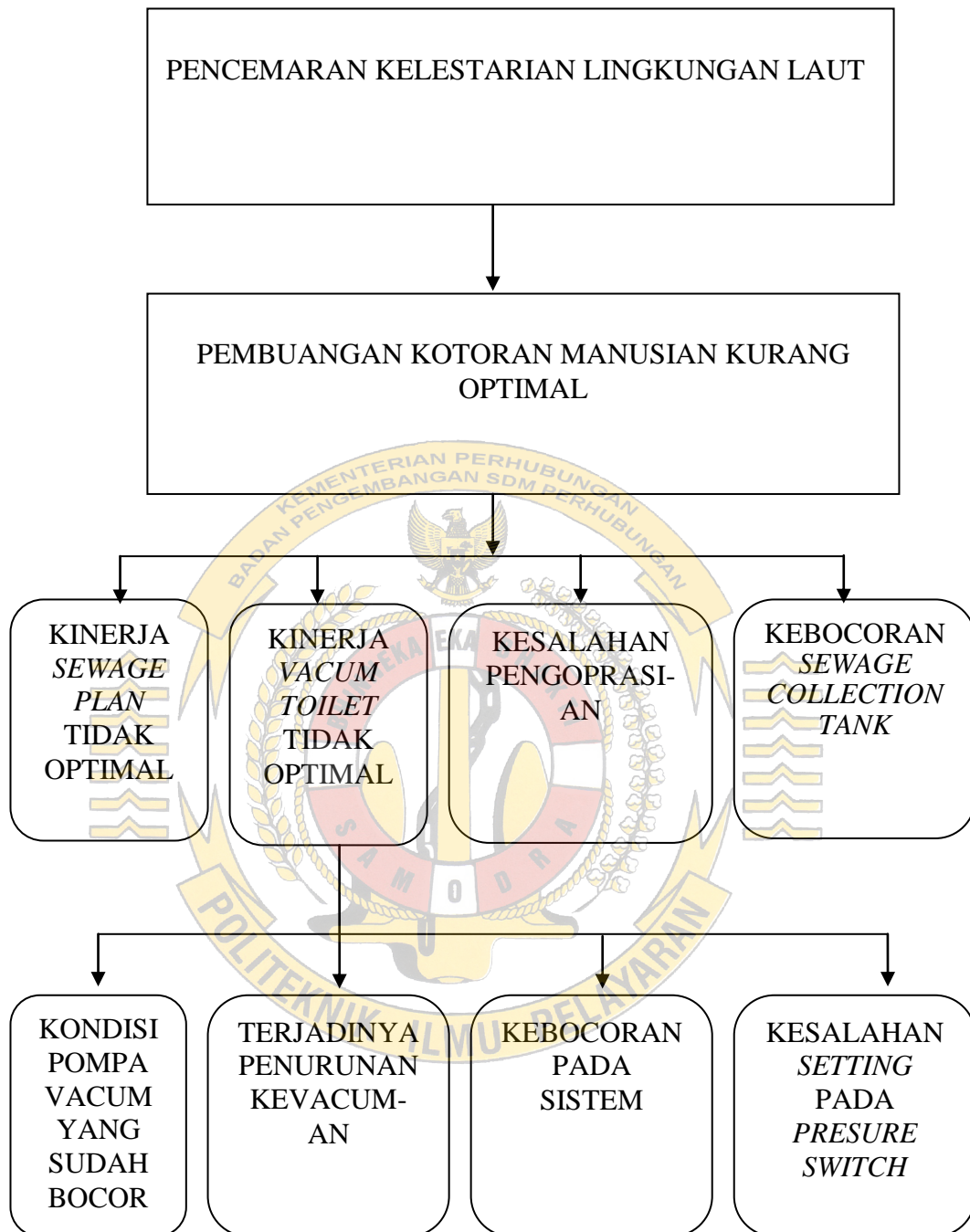
2). *Evac pump* harus dapat bekerja secara menghisap udara dalam pipa dengan start pompa pada tekanan pipa 0,30 bar dan stop pada tekanan pipa 0,60 bar serta tidak ada benda penghalang isapan pompa dalam pipa.

7. Perawatan terhadap permesinan

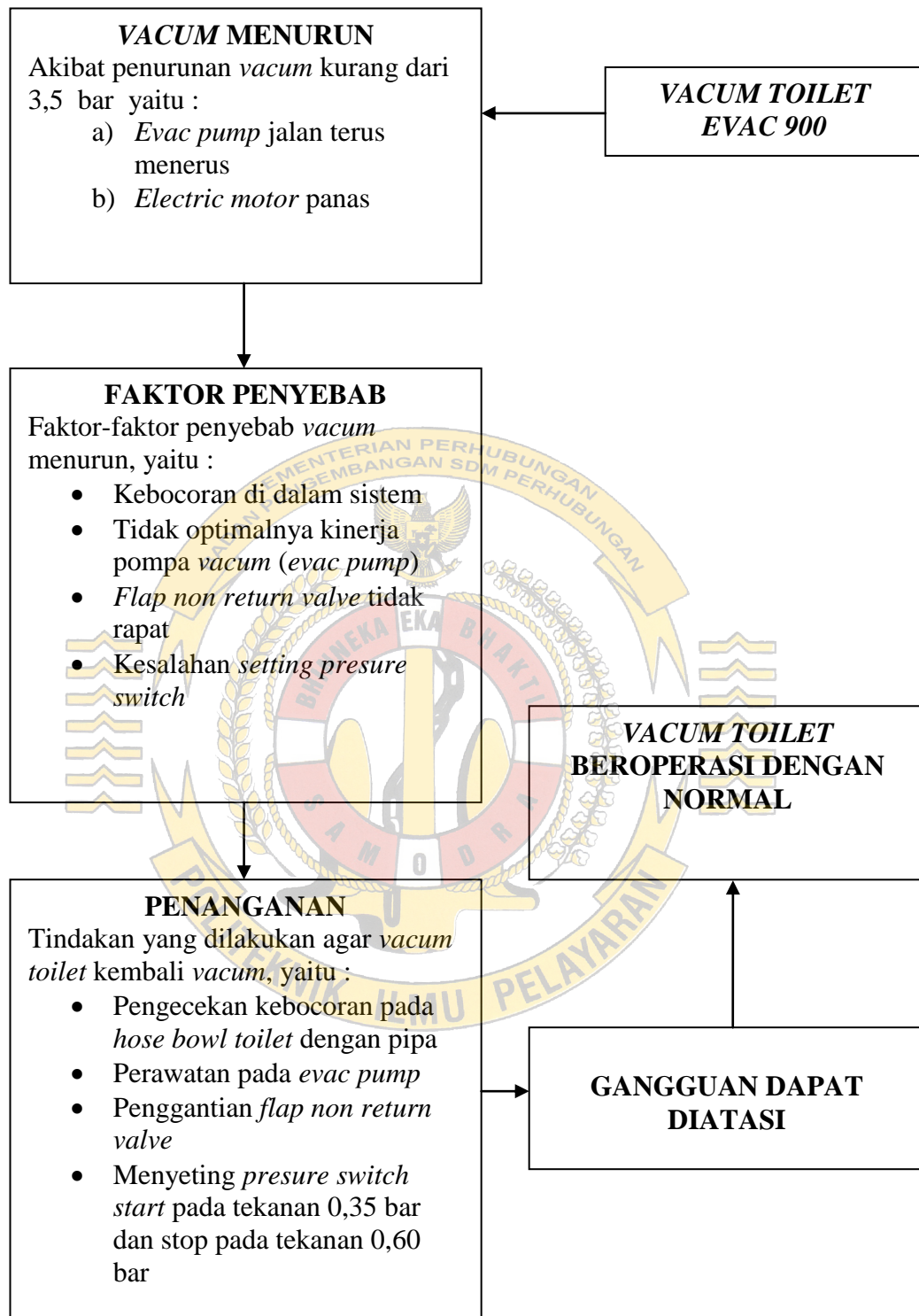
Menurut Gunawan (2002:5) Perawatan adalah usaha untuk mempertahankan atau mencegah kerusakan kondisi suatu mesin dan perlengkapannya secara optimal. Pilihan untuk menentukan suatu strategi perawatan adalah Perawatan *Insidentil* dan perawatan berencana. Perawatan *Insidentil* artinya kita membiarkan mesin bekerja sampai rusak sedangkan perawatan berencana artinya kita mencegah terjadinya kerusakan atau bertambahnya kerusakan. Dengan *system* ini maka perawatan dan pengecekan terhadap pesawat *sewage plant* dengan *system vacum* ini digunakan untuk mencegah terganggunya kerja *sewage plant*.

B. Kerangka pikir penelitian

Pada penulisan ini penulis memaparkan kerangka pikir tentang analisis data (masalah) yang terjadi pada tidak *vacumnya sewage plant*. Sehingga permasalahan ini dapat diselesaikan dan menemukan solusi yang tepat dari permasalahan yang ada.



Gambar 2.5 Pohon masalah dari metode *USG*



Gambar 2.6 Bagan alur kerangka pikir

C. Definisi operasional

Sewage plant tipe *vacum* terdapat beberapa pengertian/terminologi yang berhubungan dengan pesawat bantu ini antara lain :

Evac pump : Pompa penghancur dan pembuat kevacuman pada *sewage plant* tipe *vacum*.

Sewage treatment plant : Proses pengolahan *sewage* dengan penambahan *chemical* penangan *sewage* sebelum dibuang ke laut.

Waste water : Air yang tercampur dengan *sewage* untuk dapat mengalirkannya *sewage* menuju ke tangki.

Pulp sewage : Bentuk kotoran yang telah hancur sehingga dapat bercampur dengan air.

Vacum : Tekanan negatif di mana bila diukur dengan alat pengukur tekanan, tekananya di bawah 1 atm / 1,03 bar.

Tekanan atmosfer : Tekanan alam bebas dan bila diukur tekanannya lebih dari 1 atm/76 cmHg/1,03 bar.

Sewage : Sisa makanan yang tidak digunakan oleh tubuh manusia.

Backflow : Aliran balik air ke *toilet* yang terjadi pada pipa.

Manometer : Alat untuk mengukur tekanan yang ada dalam pipa.

