

BAB II

KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Alat berat (yang sering dikenal di dalam ilmu Teknik) merupakan alat yang digunakan untuk membantu manusia dalam melakukan pekerjaan pembangunan suatu struktur bangunan dan lain sebagainya. Alat berat merupakan faktor penting didalam proyek-proyek besar maupun kecil, terutama proyek-proyek konstruksi maupun pertambangan dan kegiatan lainnya dengan skala yang besar (Rostiyanti 2009).

Tujuan dari penggunaan alat-alat berat tersebut adalah untuk memudahkan manusia dalam mengerjakan pekerjaannya, sehingga hasil yang diharapkan dapat tercapai dengan lebih mudah dengan waktu yang relatif lebih singkat. Alat berat yang umum dipakai dalam proyek konstruksi antara lain :

- *Front shovel.*
- Alat gali (*excavator*) seperti *backhoe, dozer, clamshell.*
- Alat pengangkut seperti *loader, truck* dan *conveyer belt.*
- Alat pemadat tanah seperti *roller* dan *compactor*, dan lain lain.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari boom dan lengan ekskavator untuk mengganti material, yang biasanya terbuat dari bahan lain. Secara khusus, penelitian ini ingin mengganti paduan baja dengan paduan aluminium. Perubahan ini meringankan komponen lengan, memungkinkan untuk meningkatkan kapasitas beban, oleh karenanya memungkinkan untuk meningkatkan produktivitas ekskavator per jam.

Untuk tujuan ini, banyak kondisi beban yang berbeda telah dipelajari secara numerik pada ekskavator asli untuk memperkirakan faktor keamanan dan deformabilitas atau fleksibilitas masing-masing komponen. Parameter ini telah digunakan untuk merancang lengan baru.

Ekskavator yang telah dianalisis terdiri dari tiga elemen dan kondisi beban yang diasumsikan, untuk mengevaluasi tegangan, adalah lima (mengangkat pada jarak maksimum dan minimum dari sumbu rotasi, beban maksimum yang diinduksi oleh silinder hidrolik, putaran dari Lengan ekskavator dan tabrakan dengan rintangan, dan lain-lain).

Mengenai faktor keamanan dan deformabilitas untuk mempertahankan nilai asli, geometri lengan yang baru melibatkan peningkatan dimensi dan karenanya ringan tidak berkorelasi hanya dengan variasi kerapatan material (Solazzi, 2010).

Dalam tulisan ini, Samuel Frimpong mengembangkan model dinamis untuk pemantauan stres real-time menggunakan kombinasi pendekatan bodi yang fleksibel dan kaku. Simulator prototipe virtual dikembangkan untuk mensimulasikan penggilingan *bucket* kabel di pasir minyak dan untuk memeriksa gerakan, tekanan dan deformasi lokal dari ledakan. Hasilnya menunjukkan bahwa tegangan tinggi terjadi pada daerah sekitar sendi antara bagian atas dan lonjakan, sehingga terjadi deformasi yang besar. Dalam formasi keras, hasilnya menunjukkan bahwa medan tegangan di wilayah ini melebihi Von Mises yang menghasilkan kekuatan baja yang digunakan dalam pembuatan komponen boom *bucket*. Hasilnya juga menunjukkan bahwa modulus FE 178, 168, 120, 63, 127 dan 84 untuk modulus elastisitas 10 MPa dan 127, 61, 126, 45, 60 dan 39 node untuk modulus elastisitas 20 MPa adalah simpul yang sangat tertekan. Dengan tingkat tinggi deformasi ledakan dan kegagalan kelelahan. Studi ini memberikan dasar yang kuat untuk studi lebih lanjut tentang analisis umur kegagalan komponen kabel *bucket* (Frimpong, 2007).

Ekskavator pertambangan besar memberlakukan banyak tantangan kepada operator selama penggalian. Mesin semi otomatis atau otomatis yang dapat membantu operator selama penggalian akan secara positif mempengaruhi efisiensi, selektifitas, dan mengurangi keausan mesin secara bersamaan. Selain itu, ketergantungan pada keterampilan operator dan perhatian akan berkurang. Untuk mewujudkan kontrol pada excavator, adalah bijaksana untuk mengetahui pola

penggalian yang diikuti oleh operator selama penggalian real time. Penelitian ini bertujuan untuk mengklasifikasikan penggalian dengan menganalisis tugas aktual yang dilakukan oleh operator. Lintasan diklasifikasikan berdasarkan lokasi dan sudut *bucket*. Analisis 2 dimensi dan 3 dimensi dari lintasan *bucket* dilakukan pada excavator pertambangan EX 3500 di tambang terbuka Newmont dengan menggunakan Arial Performance Analysis System (APAS) (Tiwari, 2013).

Ekskavator adalah alat pengangkut tanah hidrolik *heavy-duty* buatan manusia yang umum digunakan pada umumnya sebagai mesin penggali terus menerus dalam operasi penambangan terbuka skala besar. Namun, di bawah pemuatan dinamis, gigi *bucket* ekskavator dikenakan keausan abrasif yang parah. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperbaiki masa pakai gigi *bucket* ekskavator untuk mengurangi waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan gigi secara berkala selama penggalian. Tujuan ini dilakukan dengan melapisi gigi *bucket* ekskavator (baja dengan tensile tinggi) dengan empat paduan tahan aus tahan pakai yang berbeda dengan las busur las manual. Uji keausan komparatif pada gigi biasa dan gigi *bucket* ekskavator yang dilapisi dilakukan di lapangan dan laboratorium (peralatan ASTM G-99, pin-on-disc), dimana efek paduan hardfacing pada tingkat keausan dan karakteristik keausan Gigi ekskavator diperiksa (Singla, 2014).

2.2. Klasifikasi Fungsional Alat Berat

Yang dimaksud dengan klasifikasi fungsional alat ialah pembagian alat tersebut berdasarkan fungsi-fungsi utama alat berat. Berdasarkan fungsinya alat berat dapat dibagi atas berikut ini (Rostiyanti 2009).

2.2.1. *Front shovel*

Dengan memberikan *shovel attachment* pada *excavator*, maka disapatkan alat yang disebut dengan *power shovel*. Alat ini baik untuk pekerjaan menggali tanah tanpa bantuan alat lain, dan sekaligus memuatkan ke dalam truk atau alat angkut lainnya. Alat ini juga dapat untuk membuat timbunan bahan persediaan (*stock pilling*).

2.2.2. Cara kerja *front shovel*

Pekerjaan dimulai dengan menempatkan *shovel* pada posisi dekat tebing yang akan dikeruk, dengan menggerakkan *bucket* ke depan kemudian ke atas sambil menggaruk tebing sedemikian rupa sehingga dengan *bucket* ini tanah dapat masuk ke dalam *bucket*. Jika *bucket* sudah penuh, *bucket* ditarik ke luar. Operator yang telah berpengalaman, akan dapat mengatur gerakan sedemikian rupa sehingga *bucket* sudah terisi penuh pada saat *bucket* mencapai bagian atas tebing. Setelah terisi penuh, *shovel* dapat diputar (*swing*) ke kanan atau ke kiri menuju tempat yang harus diisi. Sesudah *shovel* tidak lagi dapat mencapai tebing dengan sempurna, *shovel* digerakkan/berjalan menuju posisi baru hingga dapat bekerja seperti semula. Pada dasarnya gerakan-gerakan selama bekerja dengan *shovel* ialah:

- Maju untuk menggerakkan *bucket* menusuk tebing
- Mengangkat *bucket* untuk mengisi.
- Mundur untuk melepaskan dari tanah/tebing.
- *Swing* (memutar) untuk membuang (*dump*).
- Berpindah jika sudah jauh dan tebing galian.
- Menaikkan/menurunkan sudut *boom* jika diperlukan



Gambar 2.1. *Front shovel*
(Wedhanto,2009)

2.3. Perhitungan mesin

Mesin merupakan penggerak utama dari semua peralatan *front shovel*, sehingga perhitungan mesin merupakan hal yang utama. Semua gerakan dari alat ini menggunakan sistem hidrolis dimana putaran dari mesin ditransmisikan fluida kerja.

2.3.1. Perhitungan daya gerak travel

Gerak travel adalah berpindahnya hidraulic *front shovel* dari suatu tempat ketempat yang lain. *Front shovel* direncanakan mampu bergerak dengan kecepatan 1-10 km/jam pada kondisi tanah rata, namun untuk menghitung daya gerak travel diambil kondisi jalan terberat yang mampu dilalui *front shovel* yaitu tanah berlumpur dengan kondisi pemuatan beban maksimum atau kondisi *bucket* terisi maksimum.

GM = Berat material yang diangkut (kg)

GM = Kapasitas *bucket* (m³) x Berat jenis material (kg/m³)

GE = Berat total

$$= GE + GM \dots\dots\dots(2.1)$$

a. Tahanan gulung (*roling resistance*)

Tahanan gulung adalah besarnya tenaga tarik yang diperlukan untuk menggerakkan tiap ton berat kendaraan.

dirumuskan :

$$R_r = \mu \cdot G \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana :

- R_r = tahanan gulung (kg)
- μ = koefisien tahanan gulung (Kg/ton)
- G = berat total

b. Tahanan tanjakan (*grade resistance*)

Tahanan tanjakan adalah gaya penambahan karena pengaruh gaya gravitasi yang menahan gerakan dari kendaraan bergerak menanjak. Besarnya tahanan dirumuskan dengan persamaan :

$$G_r = \sin \alpha \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana :

- G_r = tahanan tanjakan (kg)
- G = berat total (kg)
- α = sudut tanjakan ($^\circ$)

Untuk menghitung tenaga yang digunakan dalam gerak traveling digunakan rumus :

$$N_{el} = \frac{F_{travel} \cdot V_{travel}}{75 \cdot \eta_{el}} \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana :

- N_{el} = tenaga yang diperlukan dalam gerak traveling (Hp)
- V_{travel} = kecepatan gerak travel (m/dt)
- F_{travel} = gaya yang berkerja total (Kg)
- = $R_r + G_r \dots \dots \dots (2.5)$
- η_{el} = efisiensi gerak traveling

2.3.2. Perhitungan gerak swing

Gerak swing merupakan gerak berputar dari bagian revolving unit yang terdiri dari atas bagian perlengkapan kerja dan bagian atas *front shovel*.

Perhitungan gerak swing dapat menggunakan rumus :

$$N_e = \frac{T \cdot N}{75 \cdot \eta_e} \dots\dots\dots(2.6)$$

dimana

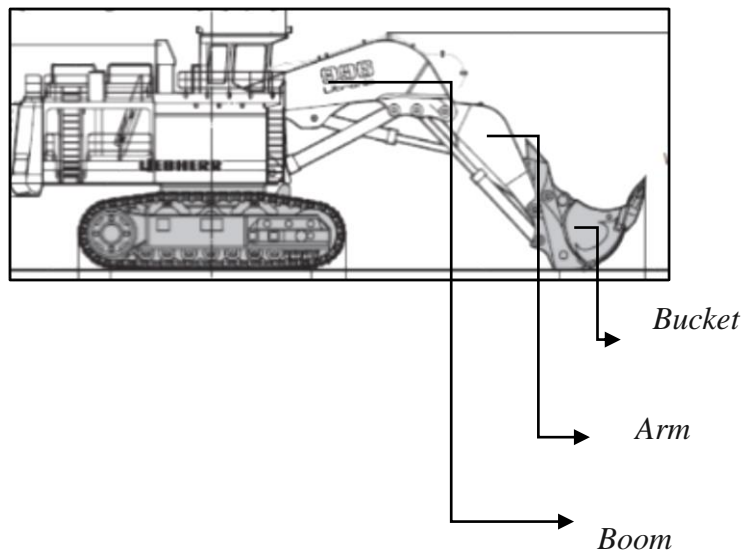
N_e = tenaga untuk melakukan swing (HP)

T = torsi revolvig unit (Kg.m)

T = $F_{\text{swing}} \cdot R$

N = putaran swing (Rpm)

η_e = efisiensi gerak swing



Gambar 2.2. Perlengkapan kerja *Front shovel*

2.3.3. Perhitungan untuk perlengkapan kerja

Gerakan dari perlengkapan kerja meliputi gerakan dari bucket, gerakan arm dan boom. Semua gerakan dilakukan dengan sistem hidrolik, sehingga perhitungan kebutuhan daya untuk perlengkapan kerja dihitung

dengan menjumlahkan daya silinder *boom*, *arm* serta *bucket*. Daya pada silinder dihitung menggunakan rumus :

Untuk silinder *boom* :

$$N_{sboom} = \frac{F_{boom} \cdot V}{75 \cdot \eta} \dots\dots\dots(2.7)$$

Untuk silinder *arm* :

$$N_{sarm} = \frac{F_{arm} \cdot V}{75 \cdot \eta} \dots\dots\dots(2.8)$$

Untuk silinder *bucket* :

$$N_{sbucket} = \frac{F_{bucket} \cdot V}{75 \cdot \eta} \dots\dots\dots(2.9)$$

Jadi daya untuk perlengkapan kerja :

$$N_p = N_{sboom} + N_{sarm} + N_{sbucket} \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana :

F_{boom} = beban *boom* (kg)
 = berat *boom* + berat *arm* + berat *bucket* + berat material

F_{arm} = beban *arm* (kg)
 = berat *arm* + berat *bucket* + berat material

F_{bucket} = beban *bucket* (kg)
 = berat *bucket* + berat material

V_{boom} = kecepatan piston *boom* (m/s)

V_{arm} = kecepatan piston *arm* (m/s)

V_{bucket} = kecepatan piston *bucket* (m/s)

N_{sboom} = daya silinder *boom* (HP)

N_{sarm} = daya silinder *arm* (HP)

$N_{sbucket}$ = daya silinder *bucket* (HP)

N_p = daya pompa (HP)

η_p = efisiensi hidrolis

2.4. Doser

Doser ini merupakan alat yang mampu membuka jalan yang masih hutan. Jika pada lahan masih terdapat semak atau pepohonan maka pembukaan lahan

dapat dilakukan dengan menggunakan *dozer*. Untuk pengangkatan lapisan tanah paling atas dapat digunakan *scraper*. Sedangkan untuk pembentukan permukaan supaya rata selain *dozer* dapat digunakan juga *motor grader*.

2.4.1. Bulldozer

Bulldozer dapat dibedakan menjadi dua yakni menggunakan roda kelabang (*Crawler Tractor Dozer*) dan Bulldoser yang menggunakan roda karet (*Wheel Tractor Dozer*). Pada dasarnya Bulldoser menggunakan traktor sebagai tempat duduk penggerak utama, tetapi lazimnya traktor tersebut dilengkapi dengan sudu sehingga dapat berfungsi sebagai Bulldoser yang bisa untuk menggosur tanah.

2.4.2. Bulldoser pekerjaan rawa

Buldoser digunakan sebagai alat pendorong tanah lurus ke dapan maupun ke samping, tergantung pada sumbu kendaraannya. Untuk pekerjaan di rawa digunakan jenis Bulldoser khusus yang disebut *Swamp Bulldozer*.



Gambar 2.3. Bulldozer

(<http://www.senyawa.com>,2010)

2.5. Truk Pengangkut Material

Truk termasuk dalam kategori alat pengangkut material, karena alat ini dapat mengangkut material secara *vertical*, kemudian menumpahkan secara

horizontal pada jarak jangkauan yang relatif kecil. Untuk pengangkutan material jarak jauh dengan menggunakan truk ini, alat yang digunakan untuk mengangkut material dapat berupa *belt*, truk dan truk tambang lainnya. Alat-alat ini memerlukan alat lain yang membantu memuat material ke dalamnya.



Gambar 2.4. Truk

2.6. Pemindahan Material

Yang termasuk dalam kategori ini ialah alat yang biasanya tidak digunakan sebagai alat transportasi tetapi digunakan untuk memindahkan material dari satu alat ke alat yang lain. *Loader* dan *dozer* adalah alat pemindahan material.



Gambar 2.5. Loader

2.7. *Vibro*

Jika suatu pekerjaan lahan dilakukan penimbunan maka pada lahan tersebut perlu dilakukan pemadatan. Pemadatan juga dilakukan untuk pembuatan jalan, baik untuk jalan tanah dan jalan dengan perkerasan lentur maupun perkerasan kaku. Yang termasuk sebagai alat pemadat adalah *tamping roller*, *pneumatic tiredroller*, *compactor*, dan lain-lain. Pekerjaan pembuatan landasan pesawat terbang, jalan raya, tanggul sungai dan sebagainya tanah perlu dipadatkan semaksimal mungkin. Pekerjaan pemadatan tanah dalam skala kecil pemadatan tanah dapat dilakukan dengan cara menggenangi dan membiarkan tanah menyusut dengan sendirinya, namun cara ini perlu waktu lama dan hasilnya kurang sempurna agar tanah benar-benar mampat secara sempurna diperlukan cara-cara mekanis untuk pemadatan tanah.

2.7.1. Langkah kerja

Pemadatan tanah secara mekanis umumnya dilakukan dengan menggunakan mesin penggilas (*Roller*) klasifikasi *Roller* yang dikenal antara lain adalah:

- Berdasarkan cara gerakannya; ada yang bergerak sendiri, tapi ada juga yang harus ditarik traktor.
- Berdasarkan bahan roda penggilasnya, ada yang terbuat dari baja (*SteelWheel*) dan ada yang terbuat dari karet (*pneumatic*).
- Dilihat dari bentuk permukaan roda: ada yang punya permukaan halus (*plain*), bersegmen, berbentuk *grid*, berbentuk kaki domba, dan sebagainya.
- Dilihat dari susunan roda gilasnya; ada yang dengan roda tiga (*Three Wheel*), roda dua (*Tandem Roller*), dan *Three Axle Tandem Roller*.
- Alat pemadat yang menggunakan penggetar (*vibrator*).



Gambar 2.6. *vibro*

2.8. Excavator

Alat penggali sering juga disebut *Excavator*

Excavator digunakan untuk pekerjaan-pekerjaan seperti :

- *Excavating* (menggali).
- *Loading* (memuat material).

- *Lifting* (mengangkat beban).
- *Hammering* (menghancurkan batuan).
- *Drilling* (mengebor), dan lain sebagainya.



Gambar 2.7. Hidraulic excavator

2.9. Greder

Alat perata tanah *greder* berfungsi untuk meratakan pembukaan tanah secara mekanis, disamping itu greder dapat dipakai pula untuk keperluan lain misalnya untuk pengusuran tanah, pencampuran tanah, meratakan tanggul, pengurugan kembali galian tanah dan sebagainya. Akan tetapi khusus untuk penggunaan pada pekerjaan pengunungan kembali galian tanah hasilnya kurang memuaskan.

2.9.1. Fungsi motor *grader*

Beberapa pekerjaan yang dapat dikerjakan oleh *Grader* antara lain adalah:

- Perataan tanah (*Spreading*).

- Pekerjaan tahap akhir (*finishing*) pada pekerjaan tanah.
- Pencampuran tanah maupun pencampuran material (*Side cast/mixing*).
- Pembuatan parit (*Crowning Ditching*).
- Pemberaian butiran tanah (*scarifying*).



Gambar 2.8. Greder

2.10. Definisi *pneumatic*

Pneumatik sebuah sistem penggerak menggunakan tekanan udara sebagai tenaga penggerak. Cara kerja *Pneumatic* sama saja dengan hidrolis yang membedakannya hanyalah tenaga penggerak (Shofianriyadi, 2015).

2.11. Komponen *pneumatic*

Komponen komponen utama *Pneumatic* :

2.11.1. Air *Cylinder*

Sebuah tabung *pneumatic* yang menghasilkan tenaga dorong dan tenaga tarik. Tenaga yang dihasilkan oleh sebuah tabung *pneumatic* bergantung pada dua hal:

- a. Tekanan udara (Kg/cm²) yang dimasukkan.
- b. Luas permukaan piston dari tabung *pneumatic*.

Rumus :

$$P = F/A \dots\dots\dots(2.11)$$

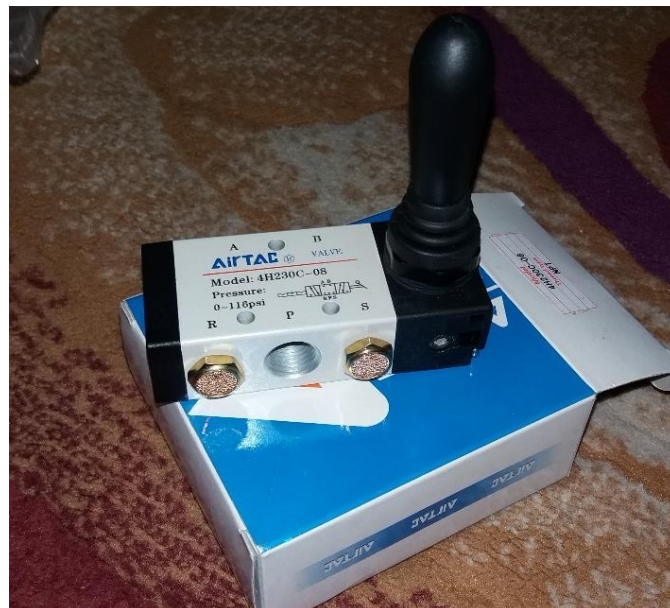
- P = (tekanan) satuannya N/m^2 .
- F = (gaya) satuannya *Newton*.
- A = (luas penampang) satuannya m^2 .



Gambar 2.9. Air Cylinder

2.11.2. *Pneumatic hand control valve*

Dua modul kontrol tangan yang digunakan dalam aplikasi yang membutuhkan tangan operator untuk ditempati sebelum sinyal *pneumatic*



dikirim dalam sistem otomasi.

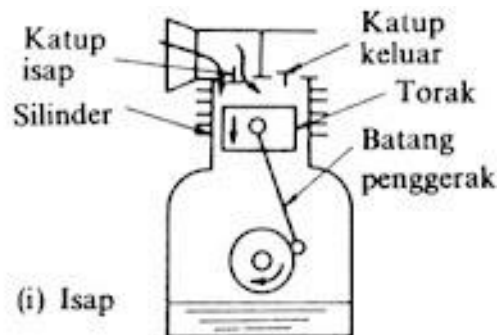
Gambar 2.10. Manual *hand control valve*

2.11.3. Kompresor udara

Kompresor udara adalah mesin atau alat yang menciptakan dan mengaliri udara bertekanan. Kompresor udara biasa digunakan untuk pengisian angin ban, membersihkan bagian-bagian mesin yang kotor, penyediaan udara untuk proses pembakaran di ketel/ motor listrik, proses pengecatan dengan alat spray, Kompresor juga banyak digunakan untuk alat-alat yang menggunakan sistem *pneumatic*.

Langkah kerja kompresor torak:

a. Langkah hisap

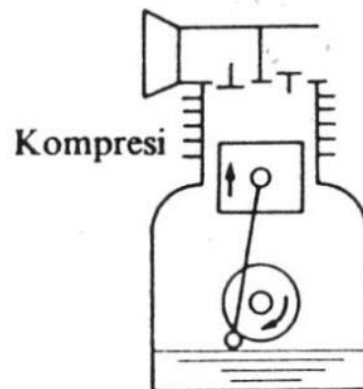


Gambar 2.11. Langkah hisap

(Wedhanto 2009)

Poros engkol berputar, torak bergerak dari TMA ke TMB. Kevakuman terjadi pada ruangan di dalam silinder, sehingga katub hisap terbuka oleh adanya perbedaan tekanan dan udara terhisap masuk ke dalam silinder.

b. Langkah kompresi

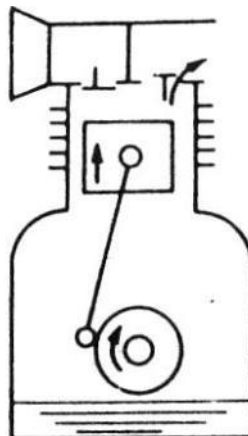


Gambar 2.12. Langkah kompresi

(Wedhanto 2009)

Langkah kompresi terjadi saat torak bergerak TMB ke TMA, katup hiasap dan katup keluar tertutup sehingga udara dimampatkan di dalam silinder.

c. Langkah keluar



Gambar 2.13. Langkah keluar

(Wedhanto 2009)

Bila torak meneruskan gerakannya ke TMA, tekanan di dalam silinder akan naik sehingga katup keluar oleh tekanan udara sehingga udara keluar memasuki tangki penyimpanan udara.

2.11.4. Menghitung daya kompresor

a) Debit kompresor

Debit kompresor adalah jumlah udara yang harus dialirkan kedalam silinder pneumatik, dapat dihitung dengan cara:

$$Q_s = (\pi/4) (d_s)^2 (v) \dots\dots\dots(2.12)$$

Dimana:

$$Q_s = \text{Debit kompresor (l/min)}$$

$$d_s = \text{diameter silinder} = 140 \text{ mm}$$

$$v = \text{kecepatan piston direncanakan } 500 \text{ m/menit} = 8,3 \text{ mm/dtk}$$

b) Daya Kompresor

Daya kompresor dapat dicari dengan menggunakan rumus:

$$N_s = (Q_s) (\eta_{\text{tot}}) \dots\dots\dots(2.13)$$

$$N_s = \text{Daya kompresor (l/min)}$$

$$Q_s = \text{Debit kompresor (l/dtk)}$$

$$\eta_{\text{tot}} = \text{Effisiensi total} = 0,8$$



Gambar 2.14. Kompresor udara

2.11.5. Fitting

Fitting merupakan berbagai sambungan dalam distribusi sistem *pneumatic* untuk mengalir udara.



Gambar 2.15. Fiting *pneumatic*

2.11.6. *Control speed pneumatic*

Merupakan fungsi mengontrol tekanan udara yang keluar dari *cylinder pneumatic*.



Gambar 2.16. *Control speed pneumatic*

2.11.7. Selang

Fungsi selang yang mengalirkan udara dari kompresor ke *cylinder*.



Gambar 2.17. Selang

2.12. Dasar-dasar *pneumatic*

Pneumatic merupakan teori atau pengetahuan tentang udara yang bergerak, keadaan-keadaan keseimbangan udara dan syarat keseimbangan. Jadi *pneumatic* berarti terisi udara atau digerakkan oleh udara yang dimampat.

2.13. Pengertian sistem *pneumatic*

Pneumatic berasal dari bahasa Yunani yang berarti udara atau angin. Semua sistem yang menggunakan tenaga yang disimpan dalam bentuk udara yang dimampatkan untuk menghasilkan suatu kerja disebut *pneumatic*. Dalam penerapannya, sistem *pneumatic* digunakan sebagai sistem otomatis. Dalam suatu rangkaian *pneumatic*, udara diluar dihisap ke dalam kompresor dan mengalami kompresi, sehingga memiliki bentuk energi yang kemudian diubah menjadi gerak mekanik (gerak piston). Dasar dari akuator tenaga fluida adalah bahwa fluida mempunyai tekanan yang sama kesegala arah.

2.14. Kelebihan dan kekurangan *Pneumatic*

2.14.1. Kelebihan

- a. Ramah lingkungan / bersih (jika terjadi kebocoran dalam sistem perpipaan).
- b. Udara sebagai tenaga penggerak memiliki jumlah yang tak terbatas.
- c. Lebih cepat dan responsif jika dibandingkan dengan hidrolik.
- d. Harganya yang murah.
- e. Aman terhadap kebakaran.
- f. Penurunan tekanan relatif lebih kecil dibandingkan dengan sistem hidrolik.

2.14.2. Kekurangan

- a. Gangguan suara yang bising.
- b. Dapat terjadi pengembunan.
- c. Daya mekanik yang dihasilkan kecil.
- d. Membutuhkan perawatan yang lebih tinggi, karena udara sebagai penggeraknya biasanya kotor dan mengandung air sehingga gesekan antara piston *cylinder* dan rumah *cylinder* besar dan mempercepat kerusakan pada air *cylinder*.
- e. Mudah terjadi kebocoran.
- f. Memerlukan instalasi peralatan penghasil udara.