

LAPORAN
PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
Skema Abdimas Mandiri



PENYULUHAN POMPA SENTRIFUGAL
SEBAGAI BAGIAN DARI ROTATING EQUIPMENT
DI PT. SLV METROPOLITAN INDONESIA
CILEGON

Oleh :
Ir. Yohanes Agus Jayatun, M.T.
NIDN. 0524116201

Dilaksanakan dengan
Biaya Mandiri
Semester Gasal Tahun Akademik 2021/2022

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN S1
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL YOGYAKARTA
OKTOBER 2021

HALAMAN PENGESAHAN
LAPORAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT

1. Judul Pengabdian : PENYULUHAN POMPA SENTRIFUGAL SEBAGAI BAGIAN DARI ROTATING EQUIPMENT DI PT. SLV. METROPOLITAN INDONESIA CILEGON
2. Bidang Pengabdian : Teknologi
3. Pelaksana
 - a. Nama : Ir. Yohanes Agus Jayatun, M.T.
 - b. Jenis kelamin : Laki-laki
 - c. NIK/NIDN : 19730091 / 0524116201
 - d. Pangkat dan Golongan : Pembina Tk. I / IV b
 - e. Jabatan Fungsional : Assisten Ahli
 - f. Jabatan Struktural : -
 - g. Departemen / Prodi. : Teknik / Teknik Mesin S1
 - h. Alamat : ITNY Yogyakarta
 - i. Telepon/Faksimil : (0274) 485390, 486986 / (0274) 487249
 - j. Alamat rumah : Karangrejo RT.01/RW.I, Pandes, Wedi, Klaten 57461.
 - k. Telepon : 0895 6005 94441
4. Jangka waktu pengabdian : 11 hari
5. Pelaksanaan : 14 s/d 24 Oktober 2021
6. Lokasi pengabdian : PT. SLV Metropolitan Indonesia, Cilegon.
7. Biaya pengabdian : ITNY : Rp. -
Mandiri/Mitra : Rp. 4.600.000,-


Mengetahui :
Dekan Fakultas Teknologi Industri
ITNY



Dr. Daru Sugati, S.T., M.T.
NIK. : 1973 0125



Yogyakarta, 24 Oktober 2021
Pengabdi


Ir. Yohanes Agus Jayatun, MT.
NIK. : 1973 0091

Menyetujui :
Kepala LPPMI
ITNY



Dr. Ani Tjitra Handayani ST., MT.
NIK. : 1973 0078



KATA PENGANTAR

Kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat ini merupakan tindak lanjut dari permohonan kelompok Direktur PT. SLV Metropolitan Indonesia kepada Rektor ITNY cq. Dekan FTI. Menindaklanjuti surat itu Dekan FTI ITNY mengeluarkan Surat Tugas kepada pengabdian/penulis untuk melaksanakan kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat dengan materi terkait permohonan. Kegiatan dilaksanakan dari tanggal 14 – 24 Oktober 2021.

Pada kegiatan pengabdian bertindak sebagai instruktur pada pelatihan Rotating Equipment Inspector dengan materi Pompa Sentrifugal.

Tidak ada gading yang tidak retak, pengabdian menyadari bahwa kegiatan ini tentu masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu kritik yang membangun terus kami tunggu demi semakin baiknya kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat ini. Kami menyadari bahwa kegiatan ini dapat terlaksana karena dukungan dari berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini kami mengucapkan terimakasih kepada :

1. Rektor Institut Teknologi Yogyakarta, Bp. H. Dr. Ir. Ircham, M.T,
2. Dekan FTI ITNY, Bp. Dr. Daru Sugati, S.T.,M.T.
3. Direktur PT. SLV Metropolitan Indonesia, Cilegon.
4. Kepala LPPMI ITNY,
5. Ketua Program Studi Teknik Mesin S1 ITNY,
6. Semua pihak yang telah membantu terlaksananya kegiatan ini.

Akhirnya kami berharap semoga kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat ini dapat berguna bagi para peserta training, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta, dan bagi para pembaca.

Yogyakarta, 24 Oktober 2021

Pengabdian

Ir. Yohanes Agus Jayatun, M.T.

NIDN. : 0524116201

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
RINGKASAN	v
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Analisis Situasi	1
1.2 Perumusan Masalah dan Pemecahan Masalah	2
BAB 2 TUJUAN DAN MANFAAT	4
2.1 Tujuan	4
2.2 Manfaat Kegiatan	4
BAB 3 KERANGKA PEMECAHAN MASALAH DAN DASAR TEORI	6
3.1 Kerangka Pemecahan Masalah	6
3.2 Dasar Teori	7
BAB 4 PELAKSANAAN KEGIATAN	10
4.1 Kegiatan Administrasi Surat Menyurat	10
4.2 Pembuatan Modul Pelatihan	10
4.3 Pelaksanaan Training	10
4.4 Diskusi	11
BAB 5 HASIL KEGIATAN DAN EVALUASI	12
5.1 Hasil Kegiatan	12
5.2 Evaluasi	12
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN	13
6.1 Kesimpulan	13
6.2 Saran	13
DAFTAR PUSTAKA	14
LAMPIRAN	15

RINGKASAN

Telah dilaksanakan kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat (PKM) dari Institut Teknologi Nasional Yogyakarta (ITNY) berupa penyuluhan/training di PT. SLV Metropolitan Indonesia, Cilegon, secara online. Kegiatan ini dilaksanakan dalam rangka memenuhi surat permohonan dari Direktur PT. SLV Metropolitan Indonesia. Sesuai dengan permintaan, judul PKM ini adalah “Penyuluhan Pompa Sentrifugal Sebagai Bagian Dari Rotating Equipment Di PT. SLV. Metropolitan Indonesia Cilegon”. Rangkaian kegiatan dilaksanakan dari tanggal 14 – 24 Oktober 2021, dan training itu sendiri dilaksanakan pada tanggal 19 dan 21 Oktober 2021.

Selain kegiatan administrasi yang berupa keluarnya Surat Permohonan, keluarnya Surat Tugas, dan sampai dengan selesainya pembuatan laporan, kegiatan juga meliputi pembuatan modul pelatihan. Materi modul disesuaikan dengan kompetensi para peserta training yang semuanya telah berpengalaman menangani pompa sentrifugal di berbagai sektor industri.

Kegiatan ini dapat terlaksana dengan baik dan sesuai dengan jadwal yang telah disusun atas dukungan dari berbagai pihak.

Kata kunci : PKM ITNY, PT. SLV Cilegon, Rotating Equipment, Pompa Sentrifugal, Inspektor.

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Analisis Situasi

Rotating equipment adalah peralatan proses, baik di industri minyak dan gas, maupun industri pada umumnya, yang gerakan utamanya adalah putaran. Pompa sentrifugal dan kompresor sentrifugal adalah dua peralatan yang termasuk dalam kelompok rotating equipment.



Gambar 1.1 a :
Instalasi Pompa Sentrifugal di sebuah



Gambar 1.1 b :
Instalasi Kompresor Sentrifugal di sebuah

Kehandalan kedua peralatan itu sangat mempengaruhi keberhasilan proses. Oleh karena itu, setiap saat atau berkala, harus dilakukan pemeriksaan rutin untuk menjaga kehandalannya. Tenaga Ahli yang bertanggungjawab terhadap kehandalan kedua peralatan itu adalah Rotating Equipment Inspector. Supaya rotating equipment inspector mampu melaksanakan tugasnya maka kompetensi mereka harus selalu diperbarui. Salah satu tempat belajar bagi para inspector itu adalah PT. SLV Metropolitan Indonesia, Cilegon.

Kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat ini merupakan tindak lanjut dari permohonan dari PT. SLV Metropolitan Indonesia kepada ITNY agar ITNY menugaskan pelaku PKM untuk menjadi salah satu penyuluh atau instruktur pada training itu. Training dilaksanakan pada tanggal : 19 – 22 Oktober 2021, dengan pembagian waktu yakni dua hari untuk materi Pompa Sentrifugal dan dua hari untuk materi Kompresor Sentrifugal. Training dilaksanakan dari jam 19.30 - 22.30 WIB. Peserta training

direncanakan para Rotating Equipment Inspector dari berbagai jenis industri termasuk industri minyak dan gas.

1.2 Perumusan Masalah dan Pemecahan Masalah

Training dilaksanakan pada masa pandemi, sehingga tidak mungkin dapat dilaksanakan secara tatap muka langsung. Oleh karena itu training harus dilaksanakan secara daring (online). Pelaksanaan online memunculkan beberapa masalah yang harus dipecahkan. Masalah-masalah itu antara lain :

1. ketersediaan peralatan pendukung yang harus dipunyai oleh para peserta, terutama komputer yang memadai,
2. ketersediaan jaringan internet yang stabil, baik dari sisi instruktur maupun peserta,
3. modul pelatihan yang komunikatif.

Untuk mengatasi masalah-masalah di atas, maka instruktur dan para peserta harus memastikan ketersediaan komputer dan jaringan internet yang memadai. Sementara itu modul pelatihan harus dibuat sedemikian rupa sehingga komunikatif. Garis besar materi modul adalah sebagai berikut :

- Kondisi likuid,
 - temperature
 - density dan spcify gravity
 - kinemtic viscosity
 - vapour pressure
- Desain Pompa
 - Tipe dan konstruksi pompa
 - Putaran
 - Material desain
 - NPSHr
 - Kurva karakteristik
- Kondisi operasi

- Total Head (TH)
- NPSHa

BAB 2

TUJUAN DAN MANFAAT

2.1 Tujuan

Kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat ini terlaksana atas permohonan dari PT. SLV Metropolitan Indonesia, Cilegon, Banten kepada Rektor ITNY Yogyakarta cq. Dekan Fakultas Teknologi Industri. Pemenuhan permohonan itu merupakan salah satu tujuan kegiatan disamping terwujudnya alih pengetahuan dari perguruan tinggi kepada masyarakat. Secara rinci tujuan yang ingin dicapai dari kegiatan pengabdian adalah :

1. Memenuhi permohonan Direktur PT. SLV Metropolitan Indonesia, Cilegon.
2. Memenuhi kewajiban dosen melaksanakan Tri Dharma Perguruan Tinggi di bidang Pengabdian Kepada Masyarakat.
3. Terwujudnya alih pengetahuan IPTEKS dari Perguruan Tinggi (ITNY) kepada para peserta training.
4. Terwujudnya alih pengetahuan tentang pompa sentrifugal kepada para peserta training
5. Terwujudnya modul pelatihan pompa sentrifugal untuk para inspektor rotating equipment.
6. Memperkenalkan ITNY kepada masyarakat khususnya para peserta training.

2.2 Manfaat Kegiatan

Kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat ini bermanfaat baik bagi ITNY maupun para peserta training.

1. Bagi para peserta training
 - a. Mendapatkan pengetahuan tentang desain, konstruksi, dan karakteristik pompa sentrifugal.

- b. Dapat ikut serta memberikan usulan materi perkuliahan terkait pompa sentrifugal di Prodi. Teknik Mesin S1.
2. Bagi ITNY
- a. Sebagai wahana bagi dosen untuk melaksanakan salah satu Tri Dharma Perguruan Tinggi yakni Pengabdian Kepada Masyarakat.
 - b. Sebagai sarana memperkenalkan ITNY kepada pihak-pihak terkait
 - c. Sebagai kredit poin bagi ITNY dalam proses akreditasi baik akreditasi Prodi dan atau akreditasi Insitusi.

BAB 3

KERANGKA PEMECAHAN MASALAH DAN DASAR TEORI

3.1 Kerangka Pemecahan Masalah

Kegiatan ini mempunyai rentang waktu 11 hari dari tanggal 14 s/d 24 Oktober 2021. Pelaksanaan training pada tanggal 19 dan 21 Oktober 2021 jam 19.30 s/d 22.30 WIB. Kegiatan ini harus mampu menghasilkan Modul pelatihan pompa sentrifugal yang terkait dengan inspeksi rotating equipment.

Tabel 3.1 : Jadwal pelaksanaan kegiatan PKM

NO	KEGIATAN	Oktober 2021										
		14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	Menerima surat permohonan dari PT. SLV Metropolitan Indonesia	■										
2	Proses Pengajuan Surat Tugas kepada Dekan FTI ITNY		■									
3	Penyusunan Proposal			■	■	■						
4	Pembuatan Modul		■	■	■	■						
5	Pelaksanaan training/penyuluhan						■	■	■	■		
7	Evaluasi dan pembuatan laporan										■	■

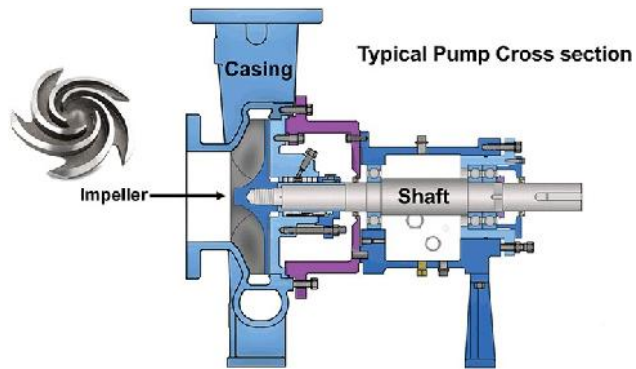
Agar kegiatan ini dapat dilaksanakan secara terstruktur dan terkendali maka dibuatlah jadwal kegiatan sebagaimana pada Tabel 3.1. Disamping disusun jadwal kegiatan, harus didalami teori tentang Pompa Sentrifugal sehingga dapat dihasilkan modul terkait pompa sentrifugal yang komunikatif dan mudah dipahami.

3.2 Dasar Teori

Pompa adalah sebuah peralatan yang mampu memberikan energi tekanan/head kepada fluida cair/likuid. Salah satu jenis pompa yang banyak digunakan adalah pompa sentrifugal.

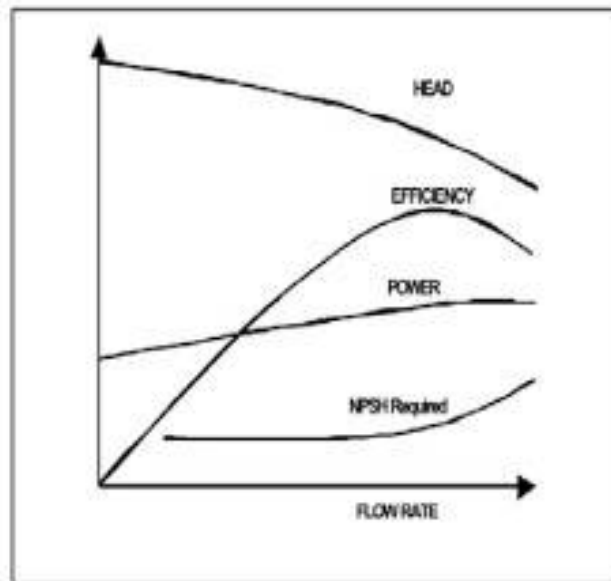
Pompa sentrifugal termasuk dalam leompok peralatan putar atau rotating equipment. Bagian utama dari pompa sentrifugal adalah : poros, casing, dan impeller. Impeller dipasang pada poros dan berada di dalam casing. Ketika poros diputar, oleh penggerak yang dapat berupa motor listrik atau mesin diesel, impeller ikut berputar sehingga mampu menghisap likuid masuk ke dalam casing yang selanjutnya ikut berputar dengan impeller sehingga energi kinetiknya naik berlipat. Energi kinetik likuid tadi oleh dindind dalam casing diubah menjadi energi tekanan/head.

Bahan konstruksi pompa sentrifugal dibuat menyesuaikan terhdap likuid yang dipompa. Bila likuid bersifat netral dan tidak korosif, misalnya air bersih, bahan konstruksi bisa dibuat dari besi cor untuk casing dan impeller dan baja karbon untuk poros. Namun apabila likuidnya sangat korosif, misalnya air laut, bahan konstruksi harus mampu bertahan serangan korosi itu, misalnya casing dan impeller terbuat dari bronze/perunggu sementara poros dari baja paduan tinggi yang tahan korosi.



Gambar 3.1 : tipikal pompa sentrifugal

Pompa centrifugal mempunyai karakteristik individu sebagaimana pada Gambar 3.2 di bawah.



Gambar 3. 2 : Kurva Karakteristik Pompa Sentrifugal
 Kurva karakteristik itu menyatakan total head pompa terhadap debit. Selain total head, dapat pula dibaca NPSHr, BHP, dan efisiensi hidrolis. Untuk setiap pompa mempunyai kurvanya masing-masing dan yang hanya berlaku untuk putaran tertentu.

Fluida cair atau likuid mempunyai sifat-sifat fisis yang mempengaruhi kerja pompa. Sifat-sifat fisis itu antara lain :

- tingkat korosivitas terhadap logam, khususnya logam berbasis besi,
- massa jenis, yang mempengaruhi daya yang diperlukan,
- viskositas, yang mempengaruhi kerugian tekanan pada instalasi perpipaan,

- vapour pressure, yang mempengaruhi tingkat kemungkinan kavitasi,
- temperatur, yang mempengaruhi pemilihan material dan mampu menambah resiko kavitasi

BAB 4

PELAKSANAAN KEGIATAN

4.1 Kegiatan Administrasi Surat Menyurat

Kegiatan ini dimulai dengan penerimaan Surat Permohonan kepada Rektor ITNY cq. Dekan FTI dari PT. SLV Metropolitan Indonesia, Cilegon pada tanggal 14 Oktober 2021 yang segera disusul dengan disusunnya proposal PKM pada tanggal yang sama untuk mendapatkan Surat Tugas Surat Tugas diterbitkan maka dibuatlah proposal Usulan Pengabdian Kepada Masyarakat dikeluarkan oleh Dekan FTTI pada tanggal 15 Oktober 2021.

Pada saat dilaksanakan training secara online pada tanggal 19 dan 21 Oktober 2021 dibuat daftar hadir. Setelah selesai kegiatan, Surat Ucapan Terimakasih diterbitkan oleh PT. SLV Metropolitan Indonesia.

4.2 Pembuatan Modul Pelatihan

Modul dibagi menjadi tiga bagian yakni : bagian pertama adalah Modul 1, bagian kedua adalah Modul 2, dan bagian ketiga adalah Modul 3. Modul 1 berisi dasar-dasar konstruksi rotating equipment, Modul 2 berisi tentang desain pompa sentrifugal, dan Modul 3 berisi tentang inspeksi pompa sentrifugal. Sumber-sumber yang dipakai sebagai acuan adalah buku-buku tentang pompa dan kompresor serta sumber lain yang terkait misalnya dari pengalaman dan dari internet.

4.3 Pelaksanaan Training

Puncak pelaksanaan kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat tanggal 19 dan 21 Oktober 2021 dari jam 19.30 – 22.30 WIB. Peserta training berjumlah 6 orang pada hari pertama, dan 9 orang pada hari kedua. Daftar hadir sebagaimana pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 : Daftar hadir peserta training

Nama Lengkap	Email	No Handphone
Johannes Pemandi P. Utomo	tatokpras@gmail.com	081360699628
Heri Gunawan	herigunawan2881@gmail.com	81328451114
Fajar Ramadhan	ramadhanfajar_medan@yahoo.co.id	081372730706
Juwisa Diky Permana	juwisadiky97@gmail.com	081310242238
Sulaiman	sulaiman_male@yahoo.co.id	081366554437
Muhammad Azhar	muhammadazhar823@gmail.com	082370915591
Henry sibuea	sibueahenry4@gmail.com	082111656864
syaiful kadri aswad	ipoel_165@yahoo.co.id	081270425123
Jefron Pauttaran	jefron.aslmarine@gmail.com	08117004321
fajar ramadhan	ramadhanfajar_medan@yahoo.co.id	081372730706
Heri Gunawan	herigunawan2881@gmail.com	81328451114
Sulaiman	sulaiman_male@yahoo.co.id	081366554437
Ali Amirudin	ali.amirudin@dgas.co.id	+628111579986
Juwisa Diky Permana	juwisadiky97@gmail.com	081310242238
Muhammad Azhar	muhammadazhar823@gmail.com	082370915591

4.4 Diskusi

Pada saat training terjadi diskusi yang sangat dinamis terkait dengan

1. Ketahanan material pompa terhadap korosifitas media kerja
2. Cara mengatasi ketidaklurusan sambungan flens pada pipa dan pompa
3. Cara mengatasi kavitasi
4. Cara memastikan keamanan pompa terhadap terjadinya kavitasi.

BAB 5

HASIL KEGIATAN DAN EVALUASI

5.1 Hasil Kegiatan

Sesuai dengan proposal yang disetujui, hasil kegiatan atau keluaran kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat ini adalah :

1. Laporan kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat
2. Modul Pelatihan yang merupakan lampiran dari laporan

5.2 Evaluasi

Pelaksanaan kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat ini berhasil dilaksanakan dengan baik. Hal itu terlihat dari proses pelaksanaan sejak awal sampai akhir. Selain itu keberhasilan ini dapat dilihat dari :

1. Proses administrasi yang terstruktur dan tertata rapi.
2. Terlaksananya training sesuai jadwal.
3. Terwujudnya laporan dan modul pelatihan.
4. Terdokumentasikannya seluruh surat menyurat pendukung kegiatan, presensi kehadiran anggota kelompok saat sosialisasi, dan gambar-gambar terkait.
5. Dukungan penuh dari ITNY

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Telah dilaksanakan kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat yang berjudul Rotating Equipment Inspector Pompa Sentrifugal. Kegiatan dilaksanakan dari tanggal 14 s/d 24 Oktober 2021. Kegiatan ini merupakan tindak lanjut permohonan Direktur PT. SLV Mertropolitan Indonesia kepada Rektor ITNY cq. Dekan FTI. Kegiatan meliputi surat-menyurat, studi pustaka, pembuatan modul yang kemudian dilanjutkan dengan pelaksanaan training. Seluruh rangkaian kegiatan terlaksanakan dengan baik sesuai dengan jadwal yang tersusun.

6.2 Saran

Kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat yang berupa training keteknikan sangat membantu pengembangan kompetensi para dosen ITNY. Oleh karena itu disarankan kepada para pembaca, khususnya para dosen di ITNY, untuk mengembangkan kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat berupa training-training keteknikan.

DAFTAR PUSTAKA

Raswari, Teknologi dan Perencanaan Sistem Perpipaan, Penerbit Universitas Indonesia (UI-Press) – Jakarta, 2010.

Soufyan Moh. Noerbambang dan Takeo Morimura, *Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plumbing*, PT. Pradnya Paramita - Jakarta, cetakan ke delapan, 2000

Tyler G. Hicks, P.E. dan T.W. Edwards, P.E., *Teknologi Pemakaian Pompa*, alih bahasa oleh Zulkifli Harahap, Penerbit Erlangga – Jakarta, 1996.

Victor L. Streeter dan E. Benjamin Wylie, *Mekanika Fluida*, Jilid 1, alih bahasa oleh Arko Prijono, M.S.E., Penerbit Erlangga – Jakarta, 1999

Yohanes Agus Jayatun, *Penyuluhan Kompor Biomass*, Laporan Pengabdian Kepada Masyarakat, P3M STTNAS Yogyakarta, Juni 2016

Yohanes Agus Jayatun, *Teori Api dan Pemadaman Kebakaran Dalam Penanggulangan Kebakaran*, Laporan Pengabdian Kepada Masyarakat, P3M STTNAS Yogyakarta, Juni 2018.

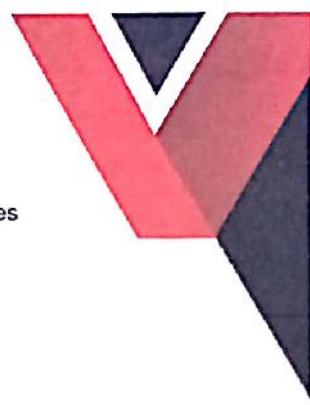
Yohanes Agus Jayatun, *Rancang Bangun Domestic Incinerator*, Laporan Pengabdian Kepada Masyarakat, LPPMI ITNY Yogyakarta, Juli 2020.

Yohanes Agus Jayatun, dkk., *Perancangan Ulang Alat Bakar Sampah Domestik Milik Desa Pandes, Kecamatan Wedi, Kabupaten Klaten, Jawa Tengah*, LPPMI ITNY Yogyakarta, Januari 2021

Yohanes Agus Jayatun, *Kalkulasi Discharge Head Pompa Transfer Pada Sistem Plumbing Menggunakan Metode Hazen-William*, Webinar Prodi. Teknik Mesin S1 FTI. ITNY. Yogyakarta, Juli 2021.

LAMPIRAN

1. Surat Permohonan dari PT. SLV Metropolitan Indonesia
2. Surat Tugas dari FTI ITNY
3. Modul
4. Surat Terimakasih dari PT. SLV Metropolitan Indonesia



One Stop Training & Certification
Inspection - Welding Engineering Consultant
WPS Design - Welder Qualification & Certification - NDT & PWHT Services

No : 0340/SLV.ST/X/2021
Lampiran : 2 lembar
Perihal : Permohonan Penugasan

Kepada Yth.

Rektor ITNY c/q Dekan FTI – ITNY
Yogyakarta

Schubungan akan diselenggarakan kegiatan *Training Rotating Equipment Inspector* oleh PT. SLV Metropolitan Indonesia , pada:

Hari/tgl : Selasa – Jumat / 19 – 22 Oktober 2021
Waktu : 19.30 – 22.30 WIB
Materi : Rotating Equipment
Tempat : Online Via Zoom

Maka dengan ini kami mohon penugasan dosen atas nama :

1. Ir. Yohanes Agus Jayatun, M.T.
2. Ir. M. Abdulkadir, M.T.

sebagai narasumber pada kegiatan di atas.

Demikian surat ini kami sampaikan, untuk dipergunakan sebagaimana mestinya. Atas perhatian dan kerjasama yang baik kami ucapkan terima kasih.

Cilegon, 14 Oktober 2021



Helman Novrando
Direktur

RELAX IT'S ONLY WELDING | 1



+62 254 8481 815



Metro Cilegon A1 No. 9-10
Cilegon, Banten - Indonesia 42411



admin@slv.co.id
www.slv.co.id



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL YOGYAKARTA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN S1
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S1

Jl. Babarsari, Caturtunggal, Depok, Sleman, Yogyakarta 55281 Telp. (0274) 465390, 486986, 487540 Fax. (0274) 487249
Email : info@itny.ac.id, Website : www.itny.ac.id

SURAT TUGAS

Nomor : 030.b/ITNY/FTI/ST-Dsn/X/2021

Yang bertanda tangan di bawah ini, Dekan Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta memberi tugas kepada :

Nama : Ir. Y. Agus Jayatun, M.T.
NIDN / NIK : 0524116201 / 1973 0091
Pangkat / Golongan : Pembina Tk I / IV b
Jabatan Akademik : Lektor
Status : Dosen Program Studi Teknik Mesin S1 ITNY
Keperluan : Sebagai Narasumber Kegiatan "Training Rotating Equipment Inspector" oleh PT. SLV Metropolitan Indonesia.
Materi : *Rotating Equipment*
Hari, Tanggal : Selasa – Jum'at, 19 - 22 Oktober 2021
Pukul : 19.30 – 22.30 WIB
Tautan Pertemuan : Online Via Zoom.

Demikian surat tugas ini agar dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya.

Dikeluarkan Di : Yogyakarta
Pada Tanggal : 15 Oktober 2021

Dekan,
Fakultas Teknologi Industri

Dr. Daru Sugati, S.T., M.T.
NIK : 1973 0125

Tembusan kepada Yth.:

1. Wakil Rektor I ITNY
2. Wakil Rektor II ITNY
3. Ka. Program Studi S1 Teknik Mesin ITNY
4. Ka. Bag. Akademik ITNY
5. Ka. Bag SDM ITNY
6. Arsip

ROTATING EQUIPMENT

Basic Design and Failure Analysis

Ir. Yohanes Agus Jayatun, M.T.
Teknik Mesin – ITNY
Yogyakarta

Rotating Equipment :
Peralatan mekanikal yang digunakan untuk memindahkan/mengalirkan fluida dengan memanfaatkan energi yang timbul dari bagian peralatan yang berputar.

Bagian berputar :

- Impeller
- Blade
- dll

Bagian-bagian Utama Rotating Equipment

Rotating Part Casing Shaft / Poros Bearing House Coupling Shaft Seal Penggerak : Motor Listrik atau Mesin Diesel

FLUIDA

- FLUIDA CAIR (Liquid/cairan)**
 - Air (water – English)
 - Bahan Bakar Minyak (BBM)
 - dll
- FLUIDA GAS (Gas)**
 - Udara (air – English)
 - Gas Alam (natural gas)
 - dll

Liquid is incompressible fluid (tak mampu tekan)

Gas is compressible fluid (mampu tekan)

Untuk fluida cair maupun fluida gas, bagian-bagian utama design rotating equipment :

1. Rotating part
2. Poros
3. Casing
4. Shaft seal
5. Bearing House

FLUIDA CAIR FLUIDA GAS

Axial Compressor Centrifugal Compressor Centrifugal Pump


FUNGSI, CARA KERJA, dan BEBAN pada BAGIAN-BAGIAN UTAMA

NO	NAMA BAGIAN	FUNGSI	CARA KERJA	BEBAN
1	Rotating part	Membangkitkan energi kinetic (energi akibat gerakan) ke fluida	Berputar	• Tekanan/pressure
2	Shaft/Poros	Menghantarkan torsi dari penggerak ke rotating part	Berputar	• Torsi, dan • momen lengkung
3	Casing	Mengkonversi energi kinetic fluida menjadi energi potensial (berupa tekanan/discharge pressure)	Statis	• Tekanan/pressure
4	Kopling	Menyambung poros mesin dengan poros penggerak	Berputar	• Torsi
5	Bearing	Menunpung seluruh beban dan gaya-gaya yang timbul	Berputar	• Gaya Aksial • Gaya Radial
6	Shaft Seal	Perapat antara poros dengan casing, agar tidak terjadi kebocoran fluida pada lobang masuk poros pada casing		• Gaya aksial • Gaya gesek


FAILURE ANALYSIS Bagian-bagian Utama


NO	NAMA BAGIAN	FAILURE MODE	AKIBAT	PENYEBAB
1	Rotating part	Aus / Wear	Unjuk kerja mesin turun	<ul style="list-style-type: none"> • Tergerus oleh aliran fluida secara mekanis atau karena bereaksi secara kimiawi dengan fluida. • Tergerus oleh benda asing yang terikut aliran fluida
		Cavity / bopeng	Penurunan kekuatan material	<ul style="list-style-type: none"> • Kavitasi • Tertumbuk oleh benda asing yang terikut aliran fluida
		Unbalance	Noise / vibrasi	<ul style="list-style-type: none"> • Ketidaktepatan Proses produksi • Ketidaktepatan Perakitan

FAILURE ANALYSIS Bagian-bagian Utama


NO	NAMA BAGIAN	FAILURE MODE	AKIBAT	PENYEBAB
2	 Shaft/Poros	Patah terpuntir	Mesin shutdown	<ul style="list-style-type: none"> Beban lebih (over load) Shock load (beban kejut) Resonansi
		Aus	Kekuatan material turun	<ul style="list-style-type: none"> korosi Bereaksi secara kimiawi dengan fluida karena shaftsleeve bocor.
		Melengkung	Noise / Vibrasi	<ul style="list-style-type: none"> Timbul beban radial yang lebih besar dari yang diijinkan.


FAILURE ANALYSIS Bagian-bagian Utama

NO	NAMA BAGIAN	FAILURE MODE	AKIBAT	PENYEBAB
3	 Casing	Crack / Retak	Muncul rembesan fluida dan bahkan dapat mengharuskan mesin shutdown	<ul style="list-style-type: none"> Over load tekanan Shock load (beban kejut) Tarikan (gaya luar) dari perpipaian. Ini dapat terjadi apabila antara perpipaian dengan mesin tidak dipasang flexible joint

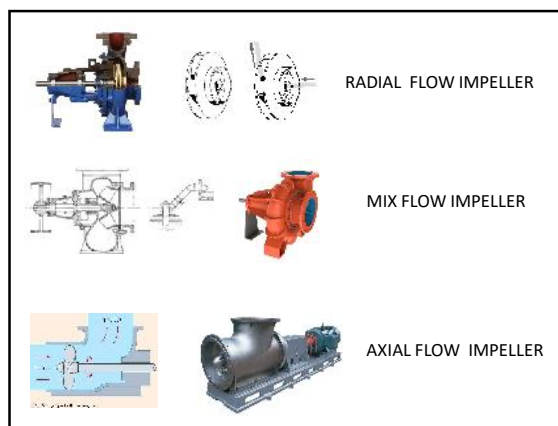
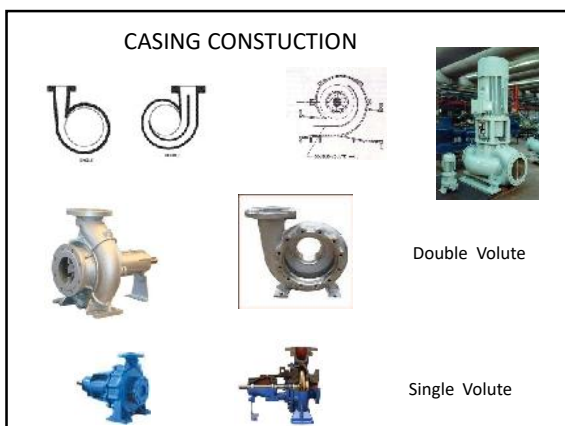
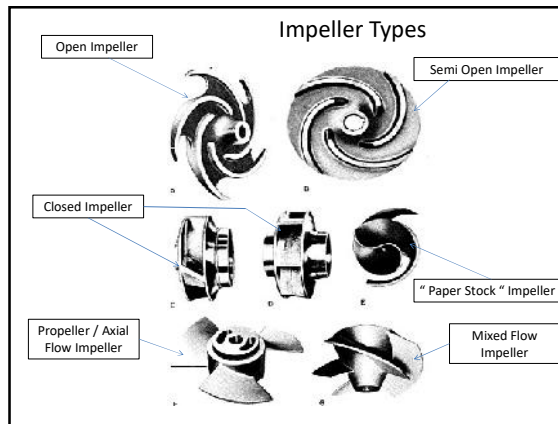
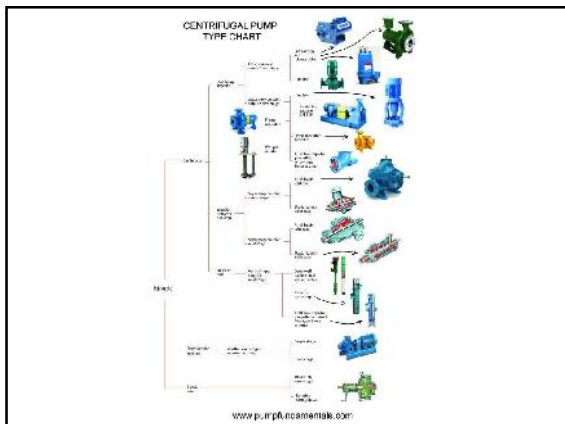
NO	NAMA BAGIAN	FAILURE MODE	AKIBAT	PENYEBAB
4	 Kopling	Aus	Noise / Vibrasi	<ul style="list-style-type: none"> Sambungan poros tidak lurus (misalignment) Baut-baut pengencang longgar (looseness) Momen lengkung akibat beban radial

FAILURE ANALYSIS Bagian-bagian Utama

NO	NAMA BAGIAN	FAILURE MODE	AKIBAT	PENYEBAB
5	 Bearing	Cincin luar, cincin dalam, dan ball/roller aus	Noise / Vibrasi	<ul style="list-style-type: none"> Pelumasan kurang Overload beban radial dan atau aksial Terpasang terlalu ketat

NO	NAMA BAGIAN	FAILURE MODE	AKIBAT	PENYEBAB
6	 Shaft Seal	Aus	Muncul rembesan atau bocor yang dapat mengakibatkan mesin harus shutdown	<ul style="list-style-type: none"> Umur Material seal bereaksi secara kimiawi dengan fluida Pada gland packing : baut-baut pengencang terlalu kendur atau bahkan terlalu kencang. Pada mechanical seal gaya pegas terlalu kuat.

Terimakasih



Impeller Type

- Radial Pumps:** High Pressure & For low flow rate/Centrifugal pump.
- Axial Pumps:** Axial-flow pumps operate at much lower pressures and higher flow rates than radial-flow pumps.
- Mixed Flow Pumps:** Mixed-flow pumps operate at higher pressures than axial-flow pumps while delivering higher discharges than radial-flow pumps.

Comparison of pump profiles (Bajje diagram)

$$N_s = \frac{N \sqrt{Q_{max}}}{(H_{max})^{3/4}} \quad (1)$$

N_s = flow for 17.5 m³/s
 N_s = impeller speed
 N_s = revolutions of the impeller per second
 Q_{max} = capacity of pump at the best efficiency point (m³/s) (m³/min)
 H_{max} = total static height of the pump in the best efficiency point (m) (ft)

Q = 400 US.GPM
H = 200 FT
N = 1450 RPM
N_s = 545,28
dipilih : Radial Flow Impeller

Steel (Baja)

- Steel** : An alloy of iron and carbon with up to max. 2% carbon and other elements such as Mn, Si, P and S, some alloying elements are also added such as Cr, Ni, Mo, V, Nb, etc.

DIN EN 10020 defines:
 Steel: a material which consists by weight of more iron than any other single element, having a carbon content generally less than 2% and containing other elements. A limited number of carbon steels may contain more than 2% of carbon, but 2% is the usual dividing line between steel and cast iron.

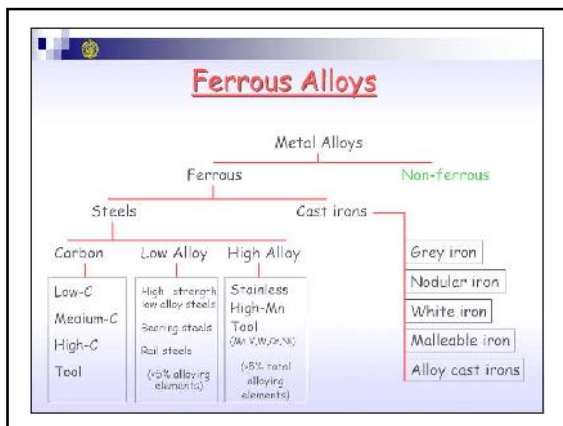
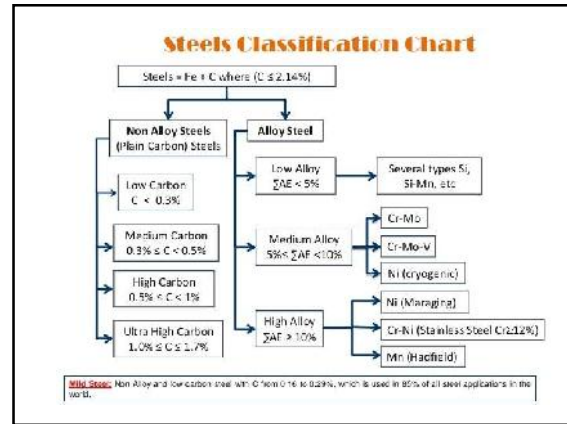


Table 1. Chemical compositions (in weight %) of some typical AISI steels.

Type	UNS designation	C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	N	Others
AISI 101	S20100	0.15	0.30-0.60	0.10	0.03-0.10	0.00-0.00	0.00	0.00	-
AISI 102	S20200	0.15	0.30-0.60	0.10	0.03-0.10	0.00-0.00	0.00	0.00	-
AISI 105	S20500	0.14-0.25	0.40-0.55	0.10	0.03-0.10	0.00-0.00	0.00-0.00	0.00-0.00	-
AISI 108	S20800	0.15	0.20	0.10	0.03-0.10	0.00-0.00	0.00-0.00	0.00-0.00	-
AISI 109	S20900	0.15	0.20	0.10	0.03-0.10	0.00-0.00	0.00-0.00	0.00-0.00	-
AISI 110	S21000	0.15	0.20	0.10	0.03-0.10	0.00-0.00	0.00-0.00	0.00-0.00	-
AISI 113	S21300	0.18	0.20	0.10	0.03-0.10	0.00-0.00	0.00-0.00	0.00-0.00	-
AISI 114	S21400	0.18	0.20	0.10	0.03-0.10	0.00-0.00	0.00-0.00	0.00-0.00	-
AISI 118	S21800	0.18	0.20	0.10	0.03-0.10	0.00-0.00	0.00-0.00	0.00-0.00	-
AISI 120	S22000	0.18	0.20	0.10	0.03-0.10	0.00-0.00	0.00-0.00	0.00-0.00	-
AISI 121	S22100	0.18	0.20	0.10	0.03-0.10	0.00-0.00	0.00-0.00	0.00-0.00	-
AISI 122	S22200	0.18	0.20	0.10	0.03-0.10	0.00-0.00	0.00-0.00	0.00-0.00	-
AISI 123	S22300	0.18	0.20	0.10	0.03-0.10	0.00-0.00	0.00-0.00	0.00-0.00	-
AISI 124	S22400	0.18	0.20	0.10	0.03-0.10	0.00-0.00	0.00-0.00	0.00-0.00	-
AISI 125	S22500	0.18	0.20	0.10	0.03-0.10	0.00-0.00	0.00-0.00	0.00-0.00	-
AISI 126	S22600	0.18	0.20	0.10	0.03-0.10	0.00-0.00	0.00-0.00	0.00-0.00	-
AISI 127	S22700	0.18	0.20	0.10	0.03-0.10	0.00-0.00	0.00-0.00	0.00-0.00	-
AISI 128	S22800	0.18	0.20	0.10	0.03-0.10	0.00-0.00	0.00-0.00	0.00-0.00	-
AISI 129	S22900	0.18	0.20	0.10	0.03-0.10	0.00-0.00	0.00-0.00	0.00-0.00	-
AISI 130	S23000	0.20	0.20	0.10	0.03-0.10	0.00-0.00	0.00-0.00	0.00-0.00	-
AISI 131	S23100	0.20	0.20	0.10	0.03-0.10	0.00-0.00	0.00-0.00	0.00-0.00	-
AISI 132	S23200	0.20	0.20	0.10	0.03-0.10	0.00-0.00	0.00-0.00	0.00-0.00	-
AISI 133	S23300	0.20	0.20	0.10	0.03-0.10	0.00-0.00	0.00-0.00	0.00-0.00	-
AISI 134	S23400	0.20	0.20	0.10	0.03-0.10	0.00-0.00	0.00-0.00	0.00-0.00	-
AISI 135	S23500	0.20	0.20	0.10	0.03-0.10	0.00-0.00	0.00-0.00	0.00-0.00	-
AISI 136	S23600	0.20	0.20	0.10	0.03-0.10	0.00-0.00	0.00-0.00	0.00-0.00	-
AISI 137	S23700	0.20	0.20	0.10	0.03-0.10	0.00-0.00	0.00-0.00	0.00-0.00	-
AISI 138	S23800	0.20	0.20	0.10	0.03-0.10	0.00-0.00	0.00-0.00	0.00-0.00	-
AISI 139	S23900	0.20	0.20	0.10	0.03-0.10	0.00-0.00	0.00-0.00	0.00-0.00	-
AISI 140	S24000	0.20	0.20	0.10	0.03-0.10	0.00-0.00	0.00-0.00	0.00-0.00	-
AISI 141	S24100	0.20	0.20	0.10	0.03-0.10	0.00-0.00	0.00-0.00	0.00-0.00	-
AISI 142	S24200	0.20	0.20	0.10	0.03-0.10	0.00-0.00	0.00-0.00	0.00-0.00	-
AISI 143	S24300	0.20	0.20	0.10	0.03-0.10	0.00-0.00	0.00-0.00	0.00-0.00	-
AISI 144	S24400	0.20	0.20	0.10	0.03-0.10	0.00-0.00	0.00-0.00	0.00-0.00	-
AISI 145	S24500	0.20	0.20	0.10	0.03-0.10	0.00-0.00	0.00-0.00	0.00-0.00	-
AISI 146	S24600	0.20	0.20	0.10	0.03-0.10	0.00-0.00	0.00-0.00	0.00-0.00	-
AISI 147	S24700	0.20	0.20	0.10	0.03-0.10	0.00-0.00	0.00-0.00	0.00-0.00	-
AISI 148	S24800	0.20	0.20	0.10	0.03-0.10	0.00-0.00	0.00-0.00	0.00-0.00	-
AISI 149	S24900	0.20	0.20	0.10	0.03-0.10	0.00-0.00	0.00-0.00	0.00-0.00	-
AISI 150	S25000	0.20	0.20	0.10	0.03-0.10	0.00-0.00	0.00-0.00	0.00-0.00	-

(AISI is American Iron and Steel Institute; UNS is unified numbering system).

PLAIN CARBON STEEL

eg AISI-SAE classification xxxX "Mild Steel" (low carbon steel)

- "10xx" Refers to plain carbon; i.e. **No extra alloying**
- "xx20" Refers to 20/100% of carbon, i.e. **0.2% C**
- (1040) **0.4% C Steel**
- (1080) **0.8% C Steel**

Plain carbon steels good for "everyday" applications but **not** for high strength or severe requirements. **CHEAP!**

Class	AISI/SAE	Major Elements
Carbon Steels	10XX	Carbon steel
	11XX	High strength low alloy steel
Alloy Steels	Mn alloy	Manganese 1.0-1.6%
	15XX	Manganese 1.0-1.6%
	16XX	Nickel 0.20%
	20XX	Nickel 0.20%
	21XX	Nickel 0.20%
	23XX	Nickel 0.20%, Chromium 0.05% or 0.08%
	31XX	Nickel 0.20%, Chromium 1.0%
	32XX	Nickel 0.20%, Chromium 1.0%
	33XX	Nickel 0.20%, Chromium 1.0%
	34XX	Nickel 0.20%, Chromium 1.0%
	35XX	Nickel 0.20%, Chromium 1.0%
	36XX	Nickel 0.20%, Chromium 1.0%
	37XX	Nickel 0.20%, Chromium 1.0%
	38XX	Nickel 0.20%, Chromium 1.0%
	39XX	Nickel 0.20%, Chromium 1.0%
	40XX	Nickel 0.20%, Chromium 1.0%
	51XX	Chromium 0.50% or 0.60%
	52XX	Chromium 0.50% or 0.60%
	53XX	Chromium 0.50% or 0.60%
	54XX	Chromium 0.50% or 0.60%
	55XX	Chromium 0.50% or 0.60%
	56XX	Chromium 0.50% or 0.60%
	57XX	Chromium 0.50% or 0.60%
	58XX	Chromium 0.50% or 0.60%
	59XX	Chromium 0.50% or 0.60%
	60XX	Chromium 0.50% or 0.60%
	61XX	Chromium 0.50% or 0.60%
	62XX	Chromium 0.50% or 0.60%
	63XX	Chromium 0.50% or 0.60%
	64XX	Chromium 0.50% or 0.60%
	65XX	Chromium 0.50% or 0.60%
	66XX	Chromium 0.50% or 0.60%
	67XX	Chromium 0.50% or 0.60%
	68XX	Chromium 0.50% or 0.60%
	69XX	Chromium 0.50% or 0.60%
	70XX	Chromium 0.50% or 0.60%
	71XX	Chromium 0.50% or 0.60%
	72XX	Chromium 0.50% or 0.60%
	73XX	Chromium 0.50% or 0.60%
	74XX	Chromium 0.50% or 0.60%
	75XX	Chromium 0.50% or 0.60%
	76XX	Chromium 0.50% or 0.60%
	77XX	Chromium 0.50% or 0.60%
	78XX	Chromium 0.50% or 0.60%
	79XX	Chromium 0.50% or 0.60%
	80XX	Chromium 0.50% or 0.60%
	81XX	Chromium 0.50% or 0.60%
	82XX	Chromium 0.50% or 0.60%
	83XX	Chromium 0.50% or 0.60%
	84XX	Chromium 0.50% or 0.60%
	85XX	Chromium 0.50% or 0.60%
	86XX	Chromium 0.50% or 0.60%
	87XX	Chromium 0.50% or 0.60%
	88XX	Chromium 0.50% or 0.60%
	89XX	Chromium 0.50% or 0.60%
	90XX	Chromium 0.50% or 0.60%
	91XX	Chromium 0.50% or 0.60%
	92XX	Chromium 0.50% or 0.60%
	93XX	Chromium 0.50% or 0.60%
	94XX	Chromium 0.50% or 0.60%
	95XX	Chromium 0.50% or 0.60%
	96XX	Chromium 0.50% or 0.60%
	97XX	Chromium 0.50% or 0.60%
	98XX	Chromium 0.50% or 0.60%
	99XX	Chromium 0.50% or 0.60%
	00XX	Chromium 0.50% or 0.60%

Table 7-7. Carbon Content of Cast Iron and Steel

Item	Approximate Percent of Carbon	Condition of Incorporated Carbon
Pig iron	4	Free and combined
White cast iron	3.5	Mostly combined
Gray cast iron	2.5 to 4.5	0.6 to 0.9 percent free 2.6 to 2.9 percent combined
Malleable cast iron	2 to 3.5	Free and combined
Toil steel	0.9 to 1.7	All combined
High-carbon steel	0.5 to 0.9	All combined
Medium-carbon steel	0.3 to 0.5	All combined
Cast steel	0.15 to 0.6	All combined
Low-carbon steel	up to 0.3	All combined

PENGUKURAN TEKANAN

STAINLESS STEELS

UNS	Product Designation	UNS	ASTM	ASME	AMS	SAE	SAE J483	SAE J483
302	302	Type 302	A304	A304	302	302	302	302
304	304	Type 304	A304	A304	304	304	304	304
316	316	Type 316	A316	A316	316	316	316	316
321	321	Type 321	A321	A321	321	321	321	321
304L	304L	Type 304L	A304L	A304L	304L	304L	304L	304L
316L	316L	Type 316L	A316L	A316L	316L	316L	316L	316L
309S	309S	Type 309S	A309S	A309S	309S	309S	309S	309S
310S	310S	Type 310S	A310S	A310S	310S	310S	310S	310S
347	347	Type 347	A347	A347	347	347	347	347
308	308	Type 308	A308	A308	308	308	308	308
308L	308L	Type 308L	A308L	A308L	308L	308L	308L	308L
309	309	Type 309	A309	A309	309	309	309	309
310	310	Type 310	A310	A310	310	310	310	310
310H	310H	Type 310H	A310H	A310H	310H	310H	310H	310H
312	312	Type 312	A312	A312	312	312	312	312
312L	312L	Type 312L	A312L	A312L	312L	312L	312L	312L
314	314	Type 314	A314	A314	314	314	314	314
314L	314L	Type 314L	A314L	A314L	314L	314L	314L	314L
315	315	Type 315	A315	A315	315	315	315	315
315L	315L	Type 315L	A315L	A315L	315L	315L	315L	315L
317	317	Type 317	A317	A317	317	317	317	317
317L	317L	Type 317L	A317L	A317L	317L	317L	317L	317L
318	318	Type 318	A318	A318	318	318	318	318
318L	318L	Type 318L	A318L	A318L	318L	318L	318L	318L
320	320	Type 320	A320	A320	320	320	320	320
320L	320L	Type 320L	A320L	A320L	320L	320L	320L	320L
321H	321H	Type 321H	A321H	A321H	321H	321H	321H	321H
321L	321L	Type 321L	A321L	A321L	321L	321L	321L	321L
321X	321X	Type 321X	A321X	A321X	321X	321X	321X	321X
321XH	321XH	Type 321XH	A321XH	A321XH	321XH	321XH	321XH	321XH
321XL	321XL	Type 321XL	A321XL	A321XL	321XL	321XL	321XL	321XL
321X2	321X2	Type 321X2	A321X2	A321X2	321X2	321X2	321X2	321X2
321X2H	321X2H	Type 321X2H	A321X2H	A321X2H	321X2H	321X2H	321X2H	321X2H
321X2L	321X2L	Type 321X2L	A321X2L	A321X2L	321X2L	321X2L	321X2L	321X2L
321X4	321X4	Type 321X4	A321X4	A321X4	321X4	321X4	321X4	321X4
321X4H	321X4H	Type 321X4H	A321X4H	A321X4H	321X4H	321X4H	321X4H	321X4H
321X4L	321X4L	Type 321X4L	A321X4L	A321X4L	321X4L	321X4L	321X4L	321X4L
321X6	321X6	Type 321X6	A321X6	A321X6	321X6	321X6	321X6	321X6
321X6H	321X6H	Type 321X6H	A321X6H	A321X6H	321X6H	321X6H	321X6H	321X6H
321X6L	321X6L	Type 321X6L	A321X6L	A321X6L	321X6L	321X6L	321X6L	321X6L
321X8	321X8	Type 321X8	A321X8	A321X8	321X8	321X8	321X8	321X8
321X8H	321X8H	Type 321X8H	A321X8H	A321X8H	321X8H	321X8H	321X8H	321X8H
321X8L	321X8L	Type 321X8L	A321X8L	A321X8L	321X8L	321X8L	321X8L	321X8L
321X10	321X10	Type 321X10	A321X10	A321X10	321X10	321X10	321X10	321X10
321X10H	321X10H	Type 321X10H	A321X10H	A321X10H	321X10H	321X10H	321X10H	321X10H
321X10L	321X10L	Type 321X10L	A321X10L	A321X10L	321X10L	321X10L	321X10L	321X10L
321X12	321X12	Type 321X12	A321X12	A321X12	321X12	321X12	321X12	321X12
321X12H	321X12H	Type 321X12H	A321X12H	A321X12H	321X12H	321X12H	321X12H	321X12H
321X12L	321X12L	Type 321X12L	A321X12L	A321X12L	321X12L	321X12L	321X12L	321X12L
321X14	321X14	Type 321X14	A321X14	A321X14	321X14	321X14	321X14	321X14
321X14H	321X14H	Type 321X14H	A321X14H	A321X14H	321X14H	321X14H	321X14H	321X14H
321X14L	321X14L	Type 321X14L	A321X14L	A321X14L	321X14L	321X14L	321X14L	321X14L
321X16	321X16	Type 321X16	A321X16	A321X16	321X16	321X16	321X16	321X16
321X16H	321X16H	Type 321X16H	A321X16H	A321X16H	321X16H	321X16H	321X16H	321X16H
321X16L	321X16L	Type 321X16L	A321X16L	A321X16L	321X16L	321X16L	321X16L	321X16L
321X18	321X18	Type 321X18	A321X18	A321X18	321X18	321X18	321X18	321X18
321X18H	321X18H	Type 321X18H	A321X18H	A321X18H	321X18H	321X18H	321X18H	321X18H
321X18L	321X18L	Type 321X18L	A321X18L	A321X18L	321X18L	321X18L	321X18L	321X18L
321X20	321X20	Type 321X20	A321X20	A321X20	321X20	321X20	321X20	321X20
321X20H	321X20H	Type 321X20H	A321X20H	A321X20H	321X20H	321X20H	321X20H	321X20H
321X20L	321X20L	Type 321X20L	A321X20L	A321X20L	321X20L	321X20L	321X20L	321X20L
321X22	321X22	Type 321X22	A321X22	A321X22	321X22	321X22	321X22	321X22
321X22H	321X22H	Type 321X22H	A321X22H	A321X22H	321X22H	321X22H	321X22H	321X22H
321X22L	321X22L	Type 321X22L	A321X22L	A321X22L	321X22L	321X22L	321X22L	321X22L
321X24	321X24	Type 321X24	A321X24	A321X24	321X24	321X24	321X24	321X24
321X24H	321X24H	Type 321X24H	A321X24H	A321X24H	321X24H	321X24H	321X24H	321X24H
321X24L	321X24L	Type 321X24L	A321X24L	A321X24L	321X24L	321X24L	321X24L	321X24L
321X26	321X26	Type 321X26	A321X26	A321X26	321X26	321X26	321X26	321X26
321X26H	321X26H	Type 321X26H	A321X26H	A321X26H	321X26H	321X26H	321X26H	321X26H
321X26L	321X26L	Type 321X26L	A321X26L	A321X26L	321X26L	321X26L	321X26L	321X26L
321X28	321X28	Type 321X28	A321X28	A321X28	321X28	321X28	321X28	321X28
321X28H	321X28H	Type 321X28H	A321X28H	A321X28H	321X28H	321X28H	321X28H	321X28H
321X28L	321X28L	Type 321X28L	A321X28L	A321X28L	321X28L	321X28L	321X28L	321X28L
321X30	321X30	Type 321X30	A321X30	A321X30	321X30	321X30	321X30	321X30
321X30H	321X30H	Type 321X30H	A321X30H	A321X30H	321X30H	321X30H	321X30H	321X30H
321X30L	321X30L	Type 321X30L	A321X30L	A321X30L	321X30L	321X30L	321X30L	321X30L
321X32	321X32	Type 321X32	A321X32	A321X32	321X32	321X32	321X32	321X32
321X32H	321X32H	Type 321X32H	A321X32H	A321X32H	321X32H	321X32H	321X32H	321X32H
321X32L	321X32L	Type 321X32L	A321X32L	A321X32L	321X32L	321X32L	321X32L	321X32L
321X34	321X34	Type 321X34	A321X34	A321X34	321X34	321X34	321X34	321X34
321X34H	321X34H	Type 321X34H	A321X34H	A321X34H	321X34H	321X34H	321X34H	321X34H
321X34L	321X34L	Type 321X34L	A321X34L	A321X34L	321X34L	321X34L	321X34L	321X34L
321X36	321X36	Type 321X36	A321X36	A321X36	321X36	321X36	321X36	321X36
321X36H	321X36H	Type 321X36H	A321X36H	A321X36H	321X36H	321X36H	321X36H	321X36H
321X36L	321X36L	Type 321X36L	A321X36L	A321X36L	321X36L	321X36L	321X36L	321X36L
321X38	321X38	Type 321X38	A321X38	A321X38	321X38	321X38	321X38	321X38
321X38H	321X38H	Type 321X38H	A321X38H	A321X38H	321X38H	321X38H	321X38H	321X38H
321X38L	321X38L	Type 321X38L	A321X38L	A321X38L	321X38L	321X38L	321X38L	321X38L
321X40	321X40	Type 321X40	A321X40	A321X40	321X40	321X40	321X40	321X40
321X40H	321X40H	Type 321X40H	A321X40H	A321X40H	321X40H	321X40H	321X40H	321X40H
321X40L	321X40L	Type 321X40L	A321X40L	A321X40L	321X40L	321X40L	321X40L	321X40L
321X42	321X42	Type 321X42	A321X42	A321X42	321X42	321X42	321X42	321X42
321X42H	321X42H	Type 321X42H	A321X42H	A321X42H	321X42H	321X42H	321X42H	321X42H
321X42L	321X42L	Type 321X42L	A321X42L	A321X42L	321X42L	321X42L	321X42L	321X42L
321X44	321X44	Type 321X44	A321X44	A321X44	321X44	321X44	321X44	321X44
321X44H	321X44H	Type 321X44H	A321X44H	A321X44H	321X44H	321X44H	321X44H	321X44H
321X44L	321X44L	Type 321X44L	A321X44L	A321X44L	321X44L	321X44L	321X44L	321X44L
321X46	321X46	Type 321X46	A321X46	A321X46	321X46	321X46	321X46	321X46
321X46H	321X46H	Type 321X46H	A321X46H	A321X46H	321X46H	321X46H	321X46H	321X46H
321X46L	321X46L	Type 321X46L	A321X46L	A321X46L	321X46L	321X46L	321X46L	321X46L
321X48	321X48	Type 321X48	A321X48	A321X48	321X48	321X48	321X48	321X48
321X48H	321X48H	Type 321X48H	A321X48H	A321X48H	321X48H	321X48H	321X48H	321X48H
321X48L	321X48L	Type 321X48L	A321X48L	A321X48L	321X48L	321X48L	321X48L	321X48L
321X50	321X50	Type 321X50	A321X50	A321X50	321X50	321X50	321X50	321X5

A barometer compares the pressure due to the atmosphere to the pressure due to a column of fluid, typically mercury. The mercury column has a vacuum above it, so the only pressure is due to the mercury itself.

$P_{atm} = 76 \text{ cm.Hg} (= 1 \text{ atm})$

$1 \text{ atm} = 1 \text{ TORR}$

Tekanan udara luar di pantai,
Tekanan udara luar (P_{bar}) = 1 bar = 1 atm

$$1 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = \frac{1 \text{ kg}}{\text{cm}^2} = \frac{1 \text{ kg}}{10^{-4} \text{ m}^2} = 10^4 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} = 10^5 \text{ N/m}^2$$

$$p = \rho gh$$

$$\rho_{\text{water}} = 1 \frac{\text{kg}}{\text{l}} = 1 \times 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3} \quad 1 \text{ l} = 1000 \text{ cm}^3$$

$$10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times h$$

$$h = 10 \text{ m}$$

$$1 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = 10 \text{ m.H}_2\text{O} = 10 \text{ m}$$

$$1 \text{ atm} = 10,3 \text{ m}$$

This leads to the definition of atmospheric pressure in terms of millimeters of mercury:

$$1 \text{ atmosphere} = P_{at} = 760 \text{ mmHg}$$

In the barometer, the level of mercury is such that the pressure due to the column of mercury is equal to the atmospheric pressure.



76 cm.Hg kalau fluidanya mercury (Hg). Bagaimana kalau fluida yang digunakan diganti dengan air/water ?

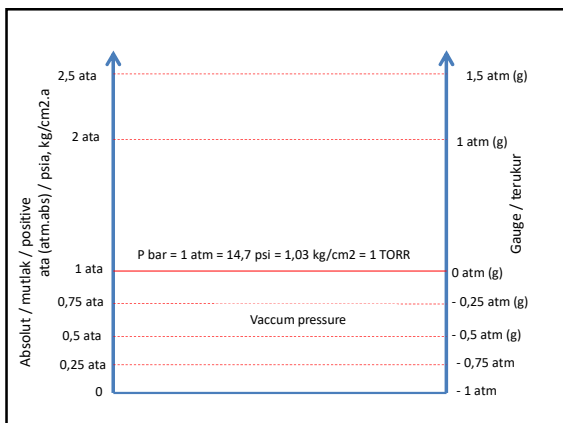
$$h_{\text{water}} = \frac{\rho_{\text{mercury}}}{\rho_{\text{water}}} \times h_{\text{mercury}}$$

$$h = \frac{13,6 \text{ kg/l}}{1 \text{ kg/l}} \times 76 \text{ cm} = 1033,6 \text{ cm}$$

$$h = 10,3 \text{ m}$$

PRESSURE GAUGE

$P_g = P - P_{atm}$
 $P_g = \text{tekanan terukur} = P \text{ gauge}$
 $P = \text{tekanan mutlak} = P \text{ absolut} = P \text{ positip}$



There are a number of different ways to describe atmospheric pressure.

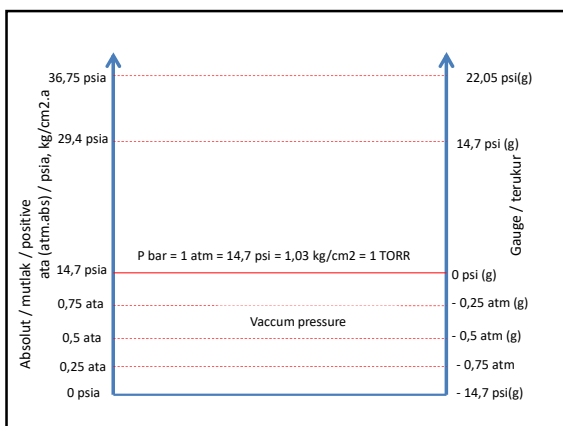
In pascals:

$$P_{at} = 101 \text{ kPa}$$

In pounds per square inch:

$$P_{at} = 14,7 \text{ lb/in}^2 \quad 1 \text{ lb/in}^2 = 1 \text{ psi}$$

In bars:

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa} \approx 1 P_{at}$$


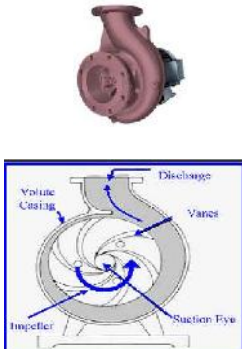
Cara Kerja Pompa Sentrifugal



- Konsep Aliran :
Perpindahan fluida yang terus menerus, tanpa terputus dari tempat yang lebih tinggi ke tempat yang lebih rendah atau dari tekanan yang lebih tinggi ke tempat yang bertekanan lebih rendah.

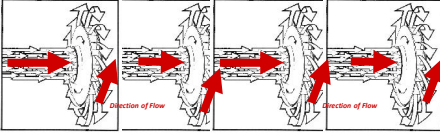
Bagaimana sebuah pompa sentrifugal bekerja??

- Cairan dipaksa menuju sebuah impeler oleh tekanan atmosfer, atau dalam hal jet pump oleh tekanan buatan.
- Baling-baling impeler meneruskan energi kinetik ke cairan, sehingga menyebabkan cairan berputar. Cairan meninggalkan impeler pada kecepatan tinggi.
- Impeler dikelilingi oleh volute casing. Volute mengubah energi kinetik menjadi energi tekanan.

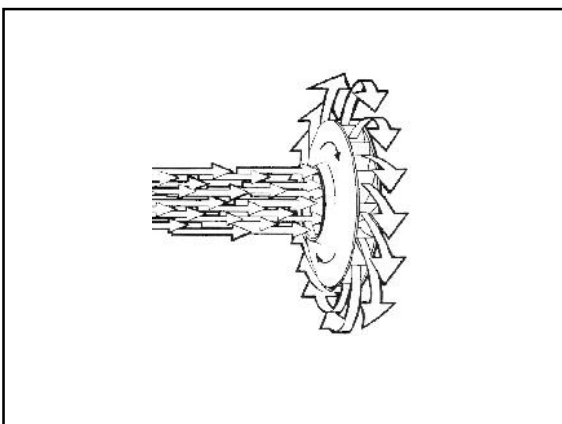


The diagram labels the following parts: Volute Casting, Discharge, Vane, Impeller, and Suction Pipe.

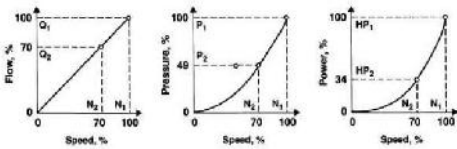
Multiple Impellers in Series



- Placing impellers in series increases the amount of head produced
- The head produced = # of impellers x head of one impeller



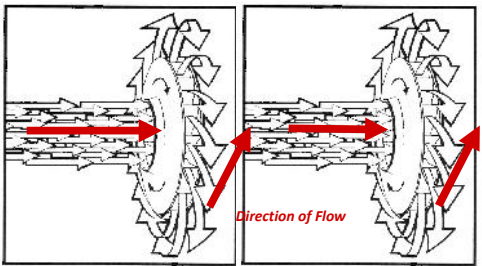
AFFINITY LAWS FOR PUMP



$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{N_2}{N_1}$ $\frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2$ $\frac{HP_2}{HP_1} = \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^3$

N = Speed
 Q = Flow
 P = Pressure
 HP = Horsepower

Two Impellers in Series



- Twice the pressure
- Same amount of water

Affinity Laws for Impeller Dia Change

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{D_1}{D_2}$$

$$\frac{H_1}{H_2} = \left[\frac{D_1}{D_2}\right]^2$$

$$\frac{BHP_1}{BHP_2} = \left[\frac{D_1}{D_2}\right]^3$$

Chemical Engineering Site

Contoh affinity law

- Sebuah pompa sentrifugal berputar pada 1450 rpm. Pada putaran itu pompa memberikan flow/kapasitas sebesar 72 m³/jam pada total head 100 m. Berapa flow dan total head bila
 1. Pompa diputar pada 2900 rpm,
 2. Putaran tetap di 1450 rpm, tetapi diameter dikurangi 5 %

• Jawab :

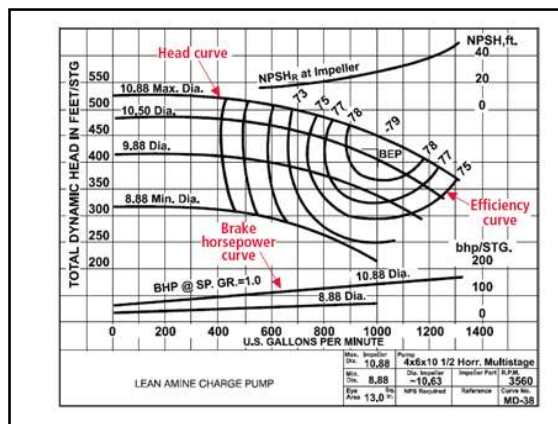
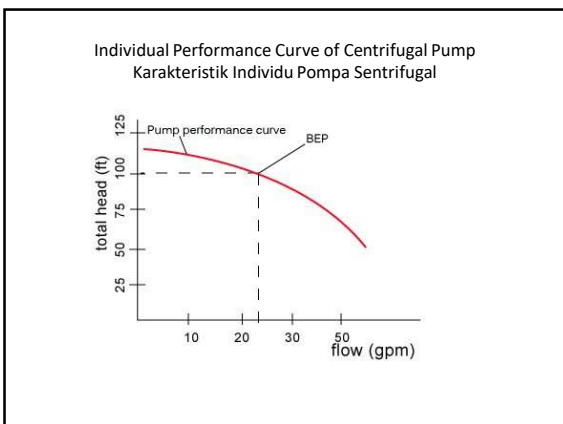
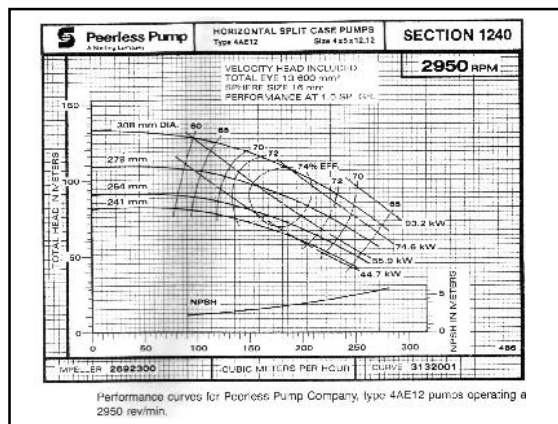
1. Diputar pada 2900 rpm
 - $(Q_2/Q_1) = (n_2/n_1)$
 - $Q_2 = Q_1 \times (2900/1450)$
 - $Q_2 = 72 \times 2 = 144 \text{ m}^3/\text{jam.}$
 - $(H_2/H_1) = (N_2/N_1)^2$
 - $H_2 = H_1 \times (2900/1450)^2$
 - $H_2 = 100 \times 2^2 = 400 \text{ m}$
2. Putaran 1450 rpm, D2 = 0,95 D1
 - $Q_2 = Q_1 \times (D_2/D_1)$
 - $Q_2 = 72 \times 0,95 = 68,4 \text{ m}^3/\text{jam}$
 - $H_2 = H_1 \times (D_2/D_1)^2$
 - $H_2 = 100 \times (0,95)^2$
 - $H_2 = 90,25 \text{ m}$

Menggambar Karakteristik Pompa Sentrifugal

No	Disch. Valve	Q	Pd	Ps	TH
0	Full closed	Qo = 0	Pdo	Pso	Ho
1	1/2 open	Q1	Pd1	Ps1	H1
2	3/4 open	Q2	Pd2	Ps2	H2
3	Full open	Q3	Pd3	Ps3	H3

Ho : shutoff pressure
D : diameter impeller

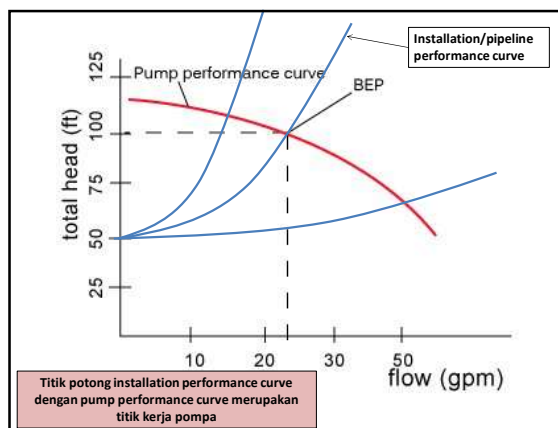
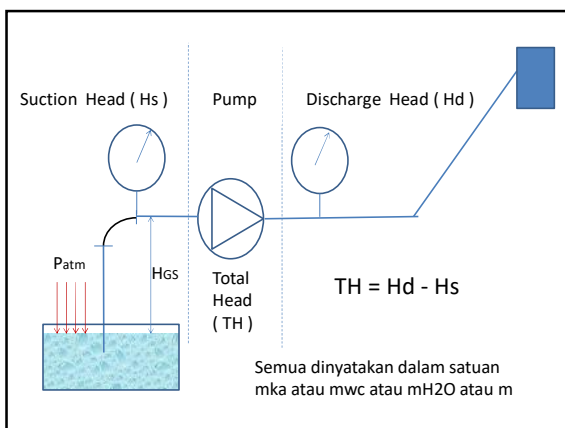
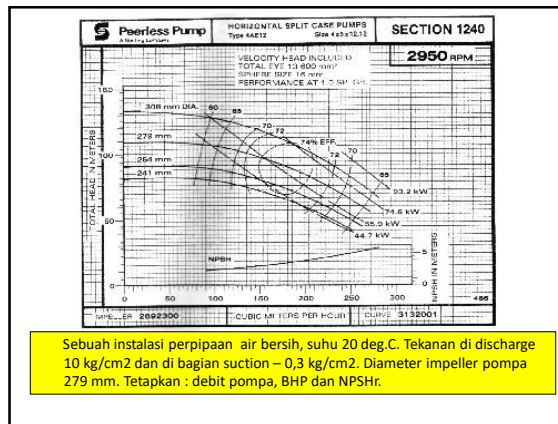
KARKTER POMPA SENTRIFUGAL



INSTALASI POMPA

Static Lift: Pompa ditempatkan di atas tangki hisap

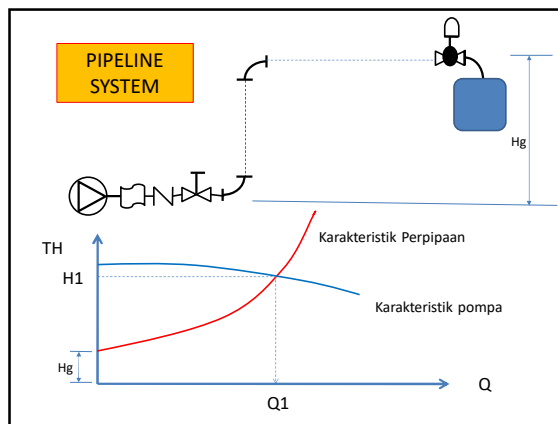
Static Head: Pompa ditempatkan di bawah tangki hisap

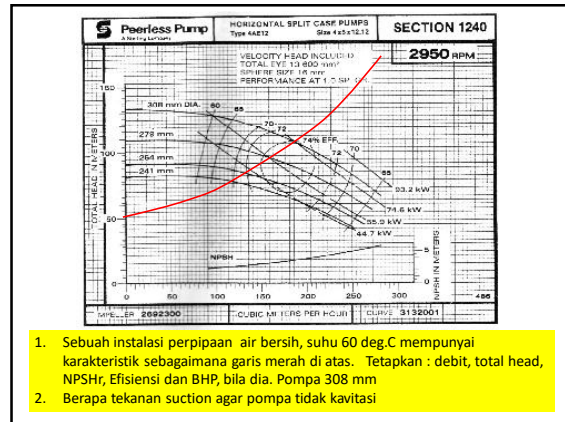
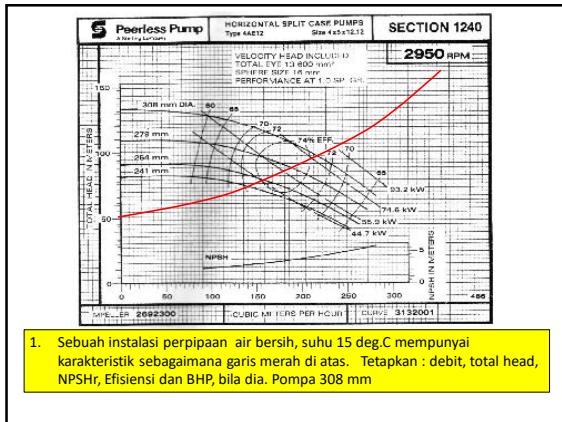


Contoh

- Sebuah discharge pressure gage dan suction vacuum gage terpasang di instalasi pompa. Hitung TH bila :
 - $P_d = 7 \text{ kg/cm}^2, P_s = -0,3 \text{ kg/cm}^2$
 - $P_d = 100 \text{ psi}, P_s = 3 \text{ psi}$
 - $P_d = 0,7 \text{ MPa}, P_s = -50 \text{ kPa}$
 - $P_d = 6 \text{ Bar}, P_s = -\frac{1}{4} \text{ Bar}$

- Jawab :
 - $P_d = 7 \times 10 \text{ m} = 70 \text{ m}$
 $P_s = -0,3 \times 10 \text{ m} = -3 \text{ m}$
 $TH = 70 - (-3) = 73 \text{ m}$
 - $P_d = 100 : 1,42 \text{ m} = 70,4 \text{ m}$
 $P_s = 3 : 1,42 \text{ m} = 2,1 \text{ m}$
 $TH = 70,4 - 2,1 = 68,3 \text{ m}$
 - $P_d = 0,7 \times 100 \text{ m} = 70 \text{ m}$
 $P_s = -50 \times 0,1 \text{ m} = -5 \text{ m}$
 $TH = 70 - (-5) = 75 \text{ m}$
 - $P_d = 6 \times 10,3 \text{ m} = 61,8 \text{ m}$
 $P_s = -0,25 \times 10,3 \text{ m} = -2,575 \text{ m}$
 $TH = 61,8 - (-2,575) = 64,375 \text{ m}$





TERMINOLOGI

1. TDH = *Total Dynamic Head*, yaitu besarnya head pompa. Merupakan selisih antara head discharge dengan head suction; terkadang disebut head atau total head.
2. BEP = *Best Efficiency Point*, yaitu kondisi operasi dimana pompa bekerja paling optimum.
3. NPSHr = *Net Positive Suction Head required*, yaitu nilai head absolut dari inlet pompa yang dibutuhkan agar tidak terjadi kavitasi.
4. NPSHa = *Net Positive Suction Head available*, yaitu nilai head absolut yang tersedia pada inlet pompa.
5. Kavitasi, yaitu kondisi dimana terjadinya *bubble* (gelembung udara) di dalam pompa akibat kurangnya NPSHa (terjadi vaporisasi) dan pecah pada saat bersentuhan dengan *impeller* atau *casing*. Agar tidak terjadi kavitasi, maka NPSHa harus lebih besar dari NPSHr.

5. Kavitasi, yaitu kondisi dimana terjadinya *bubble* (gelembung udara) di dalam pompa akibat kurangnya NPSHa (terjadi vaporisasi) dan pecah pada saat bersentuhan dengan *impeller* atau *casing*. Agar tidak terjadi kavitasi, maka NPSHa harus lebih besar dari NPSHr.
6. *Minimum flow*, yaitu flow rate yang terkecil yang dibutuhkan agar pompa beroperasi dengan baik. Apabila laju alir lebih rendah dari minimum flow, pompa dapat mengalami kerusakan.
7. *Efficiency*, yaitu besarnya perbandingan antara energi yang dipakai (input) dengan energi output pompa.
8. BHP = *brake horsepower*, yaitu power (daya) yang dibutuhkan oleh pompa untuk bisa bekerja sesuai dengan kurvanya; memiliki satuan hp.

INSPEKSI POMPA SENTRIFUGAL

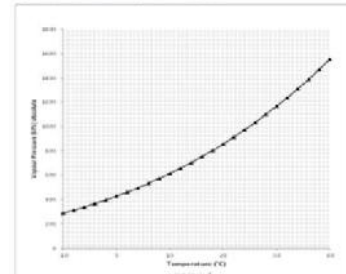
MATERIAL									
1	Casing	Cast Iron	Bearing Bush						Stand Plate & Gasket
2	Discharge Casing		Balance Disc-Drum						Rotary Ring
3	Suction Casing		Ball Counter Disc-Drum						Static Ring
4	Stage Casing		Corrosion, Shell/Stat Casing						Spring or Bellow
5	Suction Impeller		Axial Shaalty/Can						Seal Metal Parts
6	Impeller	Cast Iron	Magnet Material						Rotary & Static Ring Seal
7	Diffuser		Barnel						Stand Plate
8	Wear Ring Casing		Column Pipe						Soft Packing Ring
9	Wear Ring Impeller		Bearing Bracket						Latern Ring
10	Wear Plate/Lining		Motor Stool						Shaft Sleeve
11	Case Bush		Coupling						Thrust Bush
12	Casing Gasket		Coupling Guard						Paint
13	Shaft	Steel	Base Plate						

Operating Condition										
1	Liquid	WATER	Flow	Rated (m ³ /h)	230	NPSH _{req} of Rated Flow	Min. Plant-NPSH (m)	6.0		
2	Solids	Type	N/A	Max. + 10 % (m ³ /h)	231		Pump-NPSH (m)	4.0		
3		% of Mass	N/A	Min. -10 % (m ³ /h)	189	Pump Speed Rated (RPM)		2900		
4	Corrosion	N/A	Minimum Flow Required (m ³ /h)	90		Pump Efficiency Rated (%)		75		
5	Operating Temperature (deg C)	15	Inlet Gauge Pressure	Rated (kPa)	N/A	Hydraulic Power (kW)		58.33		
6	pH Value at t _{in}	6-8	Max. (kPa)	N/A	BHP (kW)	At Rated Flow (kW)		79.90		
7	Density at t _{in} (kg/m ³)	1000	Outlet Gauge Pressure Rated (kPa)	N/A	At End of Curve (kW)	$\frac{H}{100} = \frac{Q}{280}$ m ³ /h		60.65		
8	Vapour Pressure at t _{in} (kPa abs)	1.706 (+0.0767 in. Hg)	Differential Pressure Rated (kPa)	1000	Electric Drive Power Output Rated (kW)			140		
9	Kinematic Viscosity at t _{in} (cSt)	1	Total Head Rated (m)	100	Steam Turbine Power Output Rated					
10	Latent Heat of Vaporization (kJ/kg)	2440 (+249.7 Btu)	Shut-Off Head (m)	132	Performance Curve No.			113360 (in. Hg, 100 mm)		

Fluid	°C	°F	kg/m ³	lbs/ft ³	Viscosity Centipoise	Vapor press kPa (abs)	Vapor press psi (abs)
Water	0	32	1000	62.411	1.762	0.811	0.0882
Water	5	41	1000	62.411	1.518	0.873	0.1260
Water	10	50	1000	62.411	1.306	1.228	0.1761
Water	15	59	999	62.349	1.129	1.700	0.2443
Water	20	68	998	62.283	1.002	2.339	0.3392
Water	25	77	997	62.219	0.890	3.170	0.4690
Water	30	86	996	62.161	0.797	4.247	0.6160
Water	35	95	994	62.099	0.719	5.629	0.8101
Water	40	104	992	62.041	0.653	7.384	1.0712
Water	45	113	990	61.987	0.596	9.594	1.3812
Water	50	122	989	61.932	0.547	12.251	1.7514
Water	55	131	988	61.877	0.504	15.701	2.2860
Water	60	140	984	61.822	0.466	19.946	2.8222
Water	65	149	983	61.765	0.433	25.041	3.6319
Water	70	158	978	61.709	0.404	31.201	4.5253
Water	75	167	975	61.650	0.378	38.990	5.6177
Water	80	176	971	61.591	0.354	47.415	6.8772
Water	85	185	968	61.534	0.333	57.367	8.3820
Water	90	194	965	61.477	0.314	70.182	10.1762
Water	95	203	960	61.420	0.297	84.800	12.2715
Water	100	212	958	61.363	0.282	101.320	14.6900
Water/sea	10	50	1030	64.153	1.316	1.300	0.1860
Water/sea	20	68	1025	64.153	1.070	2.340	0.3304

Pump Construction Design									
1	Design	Centrifugal, Horizontal Split-Casing	Max. Allowable Work Press.						
2	Number of Stages	1	Test Pressure						
3	Self Priming	No	Inlet Flange			DN / Position			
4	Impeller Diameter	Max. (mm)	100			PN / Facing			
5		Rated (mm)	100			PN / Facing			
6		Min. (mm)	201	Outlet Flange			DN / Position		
7	Pump Length Vertical		Vent Connection						
8	Barnel Dimens. Vert. Pump		Drain Connection						
9	Casing Seal	Horizontal	Shaft Seal Manufacturer						
10	Casing Seal Type		Type, Size						
11	Impeller Type	Closed	Flush Plan (Max/F)						
12	Casing Support	Feet Mounted On Boughs	Material Code			DIN 17007			
13	Support Looking From Above		Soft Packing Ring Dimension						
14	Axial Thrust Reduce By	Balancing Hole Disk	Rad. Bearing			Type			
15	Total Clearance	Impeller	Axial Bearing			Size			
16		Ball Drum	Line Shaft Bearing						
17		Shaft Bushes	Bearing Bracket No.						
18		Wear Plate	Lubrication						

Figure 1: Vapour pressure for water@sea level (NPS)



Source: Thermodynamic Properties of Air, Water and Steam, by Y. S. Rishi and J. S. Chugh, Journal of Physics and Chemistry, Reference Data, Vol. 7, No. 3, 1979.
 Note: All values are in terms of absolute pressure. To obtain gauge pressure, subtract atmospheric pressure or 101.325 kPa.
 Absolute pressure = gauge pressure + atmospheric pressure (101.325 kPa)
 Gauge pressure = absolute pressure - atmospheric pressure (101.325 kPa)

Table 1. Vapour pressure at temperature for RH₂ at 617.7 kg/m³

Temperature °C	Vapour pressure kPa absolute	Temperature °C	Vapour pressure kPa absolute	Temperature °C	Vapour pressure kPa absolute	Temperature °C	Vapour pressure kPa absolute
-1	413.7	13	681.4	27	1 066.4		
0	429.5	14	704.7	28	1 099.1		
1	445.8	15	728.6	29	1 132.7		
2	462.6	16	753.1	30	1 166.9		
3	479.9	17	778.2	31	1 202.0		
4	497.6	18	804.0	32	1 237.9		
5	515.9	19	830.4	33	1 274.5		
6	534.7	20	857.5	34	1 312.0		
7	554.0	21	885.2	35	1 350.3		
8	573.8	22	913.6	36	1 389.5		
9	594.2	23	942.7	37	1 429.5		
10	615.2	24	972.6	38	1 470.4		
11	636.7	25	1 003.3	39	1 512.2		
12	658.8	26	1 034.8	40	1 554.8		

Source: Derived from Thermodynamic Properties of Ammonia, by L. Haar and J.S. Goggin, Journal of Physics and Chemistry Reference Data, vol. 7, No.3, 1978.

Note: All values in terms of absolute pressure. To obtain gauge pressure, subtract atmospheric pressure or 101.325 kPa.

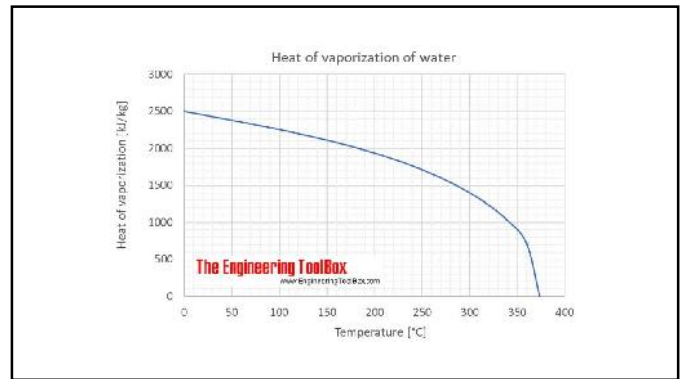


Table 3. Vapour pressure at temperature for LPG at various densities

Temperature °C	Density (corrected) P _v in kPa absolute		Temperature °C	Density (corrected) P _v in kPa absolute	
	500 kg/m ³	550 kg/m ³		500 kg/m ³	550 kg/m ³
-10	482.1	504.4	10	914.0	957.4
0	494.2	517.0	15	935.3	984.4
10	506.3	529.6	20	956.6	1011.4
20	518.4	542.2	25	977.9	1038.4
30	530.5	554.8	30	999.2	1065.4
40	542.6	567.4	35	1020.5	1092.4
50	554.7	580.0	40	1041.8	1119.4
60	566.8	592.6	45	1063.1	1146.4
70	578.9	605.2	50	1084.4	1173.4
80	591.0	617.8	55	1105.7	1200.4
90	603.1	630.4	60	1127.0	1227.4
100	615.2	643.0	65	1148.3	1254.4
110	627.3	655.6	70	1169.6	1281.4
120	639.4	668.2	75	1190.9	1308.4
130	651.5	680.8	80	1212.2	1335.4
140	663.6	693.4	85	1233.5	1362.4
150	675.7	706.0	90	1254.8	1389.4
160	687.8	718.6	95	1276.1	1416.4
170	699.9	731.2	100	1297.4	1443.4
180	712.0	743.8	105	1318.7	1470.4
190	724.1	756.4	110	1340.0	1497.4
200	736.2	769.0	115	1361.3	1524.4
210	748.3	781.6	120	1382.6	1551.4
220	760.4	794.2	125	1403.9	1578.4
230	772.5	806.8	130	1425.2	1605.4
240	784.6	819.4	135	1446.5	1632.4
250	796.7	832.0	140	1467.8	1659.4
260	808.8	844.6	145	1489.1	1686.4
270	820.9	857.2	150	1510.4	1713.4
280	833.0	869.8	155	1531.7	1740.4
290	845.1	882.4	160	1553.0	1767.4
300	857.2	895.0	165	1574.3	1794.4
310	869.3	907.6	170	1595.6	1821.4
320	881.4	920.2	175	1616.9	1848.4
330	893.5	932.8	180	1638.2	1875.4
340	905.6	945.4	185	1659.5	1902.4
350	917.7	958.0	190	1680.8	1929.4
360	929.8	970.6	195	1702.1	1956.4
370	941.9	983.2	200	1723.4	1983.4
380	954.0	995.8	205	1744.7	2010.4
390	966.1	1008.4	210	1766.0	2037.4
400	978.2	1021.0	215	1787.3	2064.4

Table 3. Vapour pressure at temperature for LPG at various densities

Temperature °C	Density (corrected) P _v in kPa absolute			Temperature °C	Density (corrected) P _v in kPa absolute		
	500 kg/m ³	550 kg/m ³	600 kg/m ³		500 kg/m ³	550 kg/m ³	600 kg/m ³
13	685.6	768.8	886.7	38	1574.0	1420.0	1281.8
14	688.4	781.7	897.9	39	1606.0	1452.0	1311.8
15	691.6	803.1	927.4	40	1644.1	1486.1	1343.3

Note: All vapour pressure values are in kPa absolute. To obtain gauge pressure, subtract atmospheric pressure or 101.325 kPa.

Absolute pressure = gauge pressure + atmospheric pressure (101.325 kPa)
Gauge pressure = absolute pressure - atmospheric pressure (101.325 kPa)

Fluid	°C	°F	kg/m ³	lbs/ft ³	Viscosity Centipoise	Vapor press kPa (abs)	Vapor press psi (abs)
Water	0	32	1000	62.411	1.762	0.811	0.0888
Water	5	41	1000	62.411	1.518	0.873	0.1268
Water	10	50	1000	62.411	1.360	0.928	0.1781
Water	15	59	999	62.348	1.198	0.976	0.2424
Water	20	68	998	62.283	1.052	1.039	0.3292
Water	25	77	997	62.213	0.920	1.110	0.4494
Water	30	86	996	62.141	0.802	1.187	0.6047
Water	35	95	994	62.069	0.710	1.270	0.8010
Water	40	104	992	61.991	0.633	1.358	1.0414
Water	45	113	990	61.907	0.568	1.450	1.3212
Water	50	122	988	61.822	0.517	1.546	1.6414
Water	55	131	986	61.737	0.474	1.646	2.0016
Water	60	140	984	61.642	0.436	1.750	2.4022
Water	65	149	981	61.547	0.403	1.858	2.8434
Water	70	158	978	61.453	0.374	1.970	3.3252
Water	75	167	975	61.359	0.348	2.086	3.8474
Water	80	176	971	61.265	0.324	2.206	4.4102
Water	85	185	968	61.171	0.302	2.330	5.0134
Water	90	194	965	61.077	0.281	2.458	5.6566
Water	95	203	962	60.983	0.261	2.590	6.3394
Water	100	212	959	60.889	0.242	2.726	7.0616
Water sea	10	50	1020	64.155	1.346	1.300	0.1882
Water sea	20	68	1028	64.155	1.070	2.340	0.3384

Viskositas kinematik pada 15 deg.C

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \text{ cSt}$$

$$\nu = \frac{1.138}{0.999} \text{ cSt}$$

$$\nu = 1.139 \text{ cSt}$$

Temperature °C	Temperature °F	Vapour Pressure kPa (abs)	Vapour Pressure mmHg	Vapour Pressure kPa (gauge)	Vapour Pressure psi (gauge)
50	122	12.35	92.5	12.35	1.78
80	176	47.33	354	47.33	6.87
100	212	101.325	760	0	0
110	230	143.28	1075	41.955	6.04
120	248	198.54	1489	97.215	14.01
130	266	271.91	2039	170.585	24.63
140	284	368.74	2766	267.415	38.67
150	302	500.00	3750	398.675	57.58
160	320	679.91	5097	578.585	83.71
170	338	920.00	6900	818.675	118.63
180	356	1240.00	9300	1138.675	164.63
190	374	1660.00	12450	1558.675	224.63
200	392	2200.00	16500	2098.675	302.63
210	410	2900.00	21750	2798.675	402.63
220	428	3800.00	28500	3698.675	530.63
230	446	4950.00	37000	4848.675	694.63
240	464	6400.00	47750	6298.675	904.63
250	482	8250.00	61250	8148.675	1164.63
260	500	10600.00	78000	10498.675	1484.63
270	518	13600.00	98500	13498.675	1874.63
280	536	17400.00	123000	17298.675	2444.63
290	554	22200.00	153000	22098.675	3194.63
300	572	29000.00	190000	28898.675	4144.63
310	590	38000.00	245000	37898.675	5404.63
320	608	50000.00	320000	49898.675	7094.63
330	626	66000.00	420000	65898.675	9344.63
340	644	87000.00	550000	86898.675	12294.63
350	662	114000.00	720000	113898.675	16044.63
360	680	149000.00	940000	148898.675	21194.63
370	698	195000.00	1230000	194898.675	27344.63
380	716	255000.00	1600000	254898.675	35194.63
390	734	340000.00	2080000	339898.675	46444.63
400	752	460000.00	2800000	459898.675	64444.63

Vapour Pressure = Tekanan Didih

Ketika sebuah liquid berada di lingkungan yang tekanannya sama dengan tekanan didih, maka liquid itu mendidih.

Vapour Pressure Concept

Fig. 1: 50 deg.C uap >

Fig. 2: 80 deg.C uap > ebum

Fig. 3: 100 deg.C uap = ebum

Vapour Pressure Concept

Fig. 1: P = 101 kPa (abs) = 1 ata

Fig. 2: P = 10 kPa (abs)

Fig. 3: P = 1,706 kPa (abs) uap = ebum

VISKOSITAS

VISKOSITAS DINAMIS

UNIT : Ns/m², mNs/m², cp (centipoise)

$$1 \text{ mNs/m}^2 = 1 \times 10^{-3} \frac{10^5 \text{ dynes}}{10^4 \text{ cm}^2} = 1 \times 10^{-2} \text{ dynes/cm}^2 = 1 \text{ cp (1 centipoise)}$$

VISKO KINEMATIK

UNIT : cSt (centi Stoke)

$$\nu_k = \frac{\nu_d}{\rho}$$

ρ : Massa jenis (g/cm³)

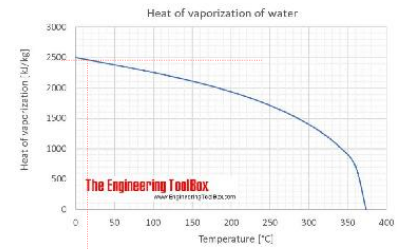
Contoh

Air, temperature 20 °C, mempunyai viskositas dinamik 1 cp. Berapa viskositas kinematiknya ? bila massa jenis air = 1 g/cm³

$$\nu_k = \frac{\nu_d}{\rho} = \frac{1 \times 10^{-2} \text{ dyne.s.cm}^{-2}}{1 \text{ g.cm}^{-3}} = \frac{1 \times 10^{-2} \text{ g.cm.s}^{-2} \cdot \text{s.cm}^{-2}}{1 \text{ g.cm}^{-3}} = 1 \times 10^{-2} \frac{\text{s}^{-1}}{\text{cm}^2} = 10^{-2} \text{ cm}^2 / \text{s} = 1 \text{ cSt}$$

Catatan : 1 dyne = 1 g.cm/s², 1 N = 1 kg.m/s²
1 N = 10⁵ dyne

Substance	Latent Heat Table kJ/kg	Fusion Heat °C	Latent Heat Vaporization kJ/kg	Boiling Point °C
Aluminum	111	-91.5	1092	2519
Antimony	540	75	2300	2473
Carbon Dioxide	124	-78	574	-56.6
Copper	134	1083	2130	2567
Lead	105	-328	1050	2073
Lead II	245	327.5	850	1960
Nitrogen	199	-210	200	-196
Oxygen	168	-218	213	-183
Sulfur	117	-112	1960	444.8
Tin	58	232	1100	2270
Tin II	58	232	1100	2270
Tin IV	58	232	1100	2270
Zinc	113	0	1150	907

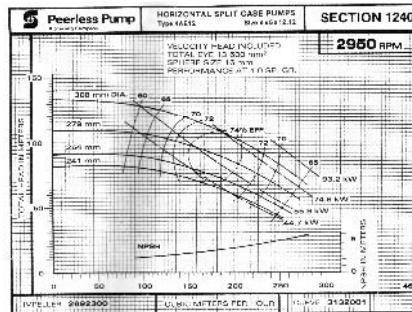


Contoh

High Viscosity Kerosene, pada temperature 20 °C, mempunyai viskositas dinamik 2 cp. Berapa viskositas kinematiknya ? bila massa jenis high visc. kerosene = 0,9 g/cm³

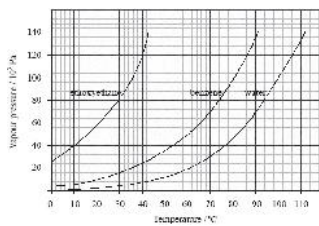
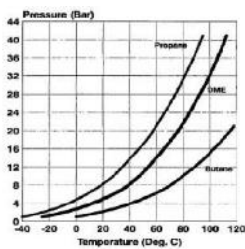
$$\nu_k = \frac{\nu_d}{\rho} = \frac{2 \times 10^{-2} \text{ dyne.s.cm}^{-2}}{0,9 \text{ g.cm}^{-3}} = \frac{2 \times 10^{-2} \text{ g.cm.s}^{-2} \cdot \text{s.cm}^{-2}}{0,9 \text{ g.cm}^{-3}} = 2,22 \times 10^{-2} \frac{\text{s}^{-1}}{\text{cm}^2} = 2,22 \times 10^{-2} \text{ cm}^2 / \text{s} = 2,22 \text{ cSt}$$

Catatan : 1 dyne = 1 g.cm/s², 1 N = 1 kg.m/s²
1 N = 10⁵ dyne

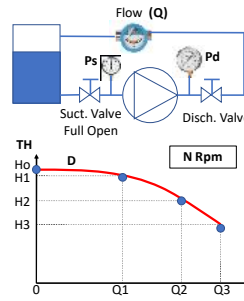


Performance curves for Peerless Pump Company, type 4A2 pumps operating at 2950 RPM/min.

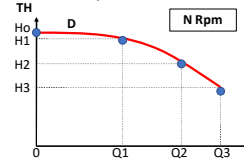
Vapour Pressure



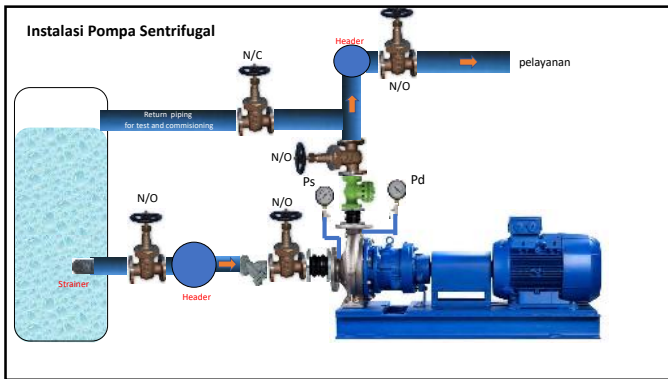
Menggambar Karakteristik Pompa Sentrifugal



No	Disch. Valve	Q	Pd	Ps	TH
0	Full closed	Q0 = 0	Pd0	Pso	Ho
1	1/2 open	Q1	Pd1	Ps1	H1
2	1/2 open	Q2	Pd2	Ps2	H2
3	Full open	Q3	Pd3	Ps3	H3



Ho : shutt off pressure
D : diameter impeller



Datasheet :
Hydraulic Power = 58.33 kW

Hydraulic Power
 $P_H = Q\rho g \times TH$

P_H : Hydraulic Power (kW)
 Q : Flow (m³/s)
 ρ : massa jenis cairan (kg/l)
 g : gravitasi (= 10 m/s²)
 TH : Total Head (m)

$Q = \frac{210 \text{ m}^3}{3600 \text{ s}} = 0.0583 \text{ m}^3/\text{s}$

$\rho = 1 \text{ kg/l}$

$g = 10 \text{ m/s}^2$

$P_H = Q\rho g \times TH$
 $P_H = 0.0583 \times 1 \times 10 \times 100$
 $P_H = 58.33 \text{ kW}$

Datasheet :
BHP = 79.90 kW
Eff. = 73 % = 0.73

Brake Horse Power (BHP)
 $BHP = \frac{P_H}{Eff.}$

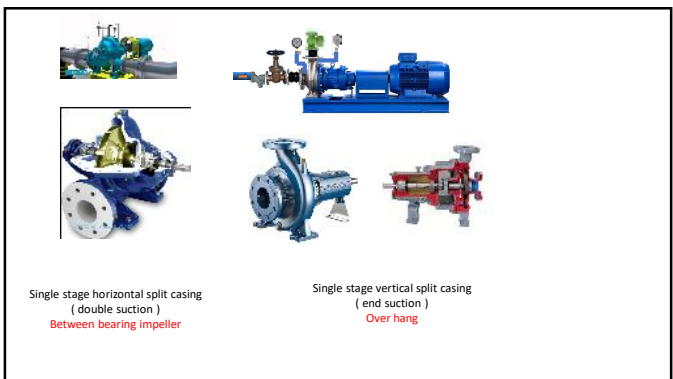
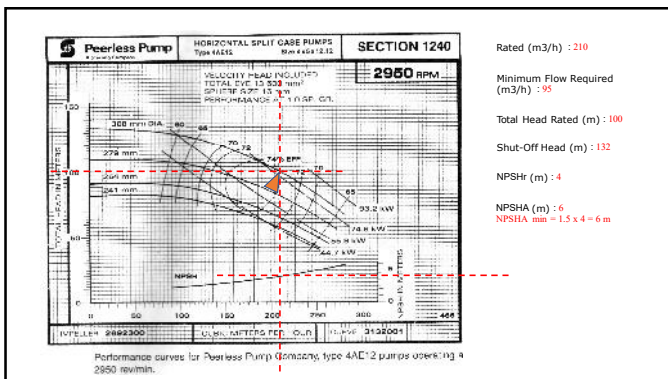
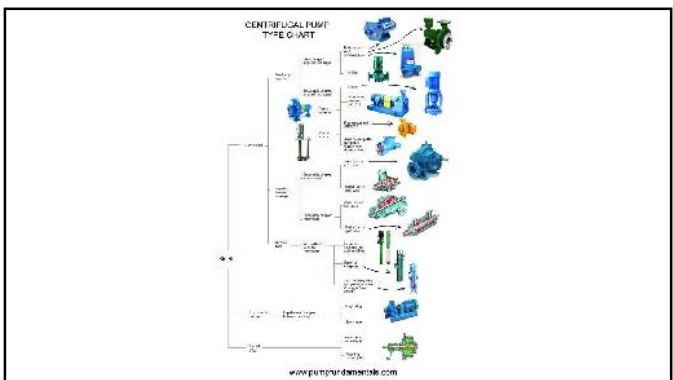
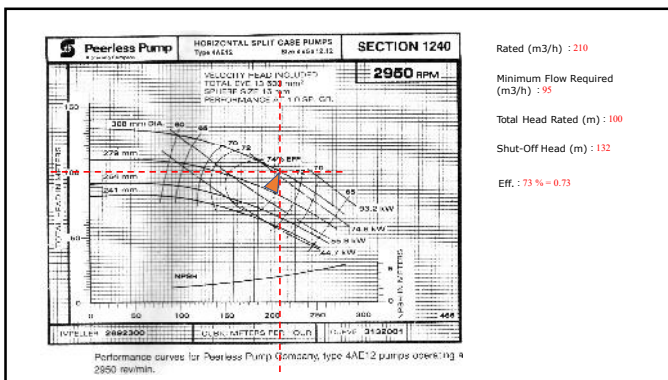
Brake Horse Power (BHP)
 $BHP = \frac{58.33}{0.73} = 79.90 \text{ kW}$

Datasheet
El. Motor = 110 kW
BHP at end curve = 86.85 kW

$P_{motor} > 86.85 \text{ kW}$

Datasheet :
BHP at end curve (Pend) = 86.85 kW
Q = 280 m³/h
TH = 60 m
eff. = 60 %

$P_{motor} > P_{end}$



Net Positive Suction Head Available (NPSHa)

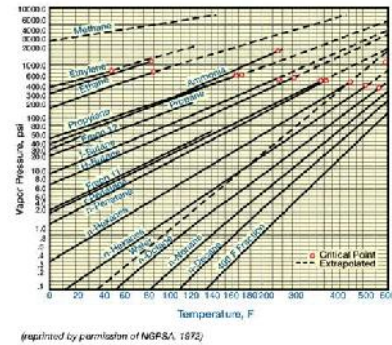
adalah tekanan mutlak atau tekanan positif yang tersedia di bagian suction

Nilai NPSHa digunakan sebagai pembatas agar di bagian suction agar tidak terjadi pendidihan yang menyebabkan kavitasi.

$NPSHa = NPSH - \text{vapor pressure}$
 $NPSHa = NPSH - Vp$

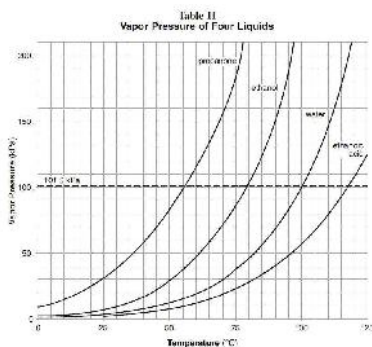
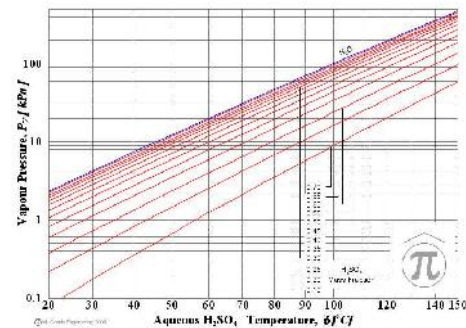
Vp : disebut juga tekanan didih
 Tekanan yang menyebabkan fluida cair mendidih.
 Nilai tekanan didih tergantung dari suhu cairan

Misalnya :
 Air pada suhu 100 deg.C mendidih pada tekanan 1 atm. Kalimat itu menginformasikan bahwa vapor pressure air pada suhu 100 deg. C adalah 1 atm



(reprinted by permission of NPSHA, 1972)

Fluid	°C	°F	kg/m ³	lbs/ft ³	Viscosity Centipoise	Vapor press kPa (abs)	Vapor press psi (abs)
Water	0	32	1000	62.411	1.762	0.811	0.0888
Water	5	41	1000	62.411	1.518	0.873	0.1268
Water	10	50	1000	62.411	1.306	1.228	0.1761
Water	15	59	999	62.349	1.138	1.700	0.2474
Water	20	68	998	62.283	1.003	2.339	0.3392
Water	25	77	997	62.213	0.860	3.170	0.4608
Water	30	86	996	62.141	0.757	4.247	0.6160
Water	35	95	994	62.069	0.710	5.629	0.8101
Water	40	104	992	61.991	0.653	7.384	1.0712
Water	45	113	990	61.907	0.590	9.594	1.3815
Water	50	122	988	61.818	0.547	12.251	1.7514
Water	55	131	986	61.724	0.504	15.761	2.2860
Water	60	140	984	61.622	0.466	20.946	2.9923
Water	65	149	981	61.513	0.433	28.041	3.9918
Water	70	158	978	61.403	0.404	37.201	5.3253
Water	75	167	975	61.290	0.378	49.090	7.0677
Water	80	176	971	61.171	0.354	64.115	9.2970
Water	85	185	968	61.046	0.333	82.867	11.9220
Water	90	194	965	60.914	0.314	10.182	14.1962
Water	95	203	960	60.773	0.267	14.800	19.2715
Water	100	212	958	60.624	0.262	19.325	27.6860
Water sea	10	50	1020	63.283	1.316	1.300	0.1862
Water sea	20	68	1025	64.153	1.070	2.340	0.3394



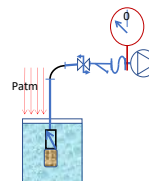
$P_s = -0,3 \text{ bar}$
 $H_s = -0,3 \times 10,3 \text{ m} = -3,09 \text{ m}$
 $NPSH = -3,09 \text{ m} + 10,33 \text{ m}$
 $= 7,24 \text{ m} (7,24 \text{ m.abs})$



Bila fluida adalah air dengan suhu 15 deg.C, berapa NPSHa ?

Jawab

$Vp = 1,706 \text{ kPa.abs} = 0,1706 \text{ m.abs}$
 $NPSH = 7,24 \text{ m}$
 $NPSHa = NPSH - Vp$
 $NPSHa = 7,24 - 0,1706 = 7,0694 \text{ m}$



$$H_s = 0,3 \text{ bar}$$

$$H_s = 0,3 \times 10,3 \text{ m} = 3,09 \text{ m}$$

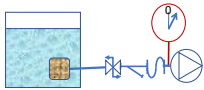
$$\text{NPSH} = 3,09 \text{ m} + 10,33 \text{ m}$$

$$= 13,42 \text{ m} (13,42 \text{ m. abs})$$



Bila fluida adalah air dengan suhu 15 deg.C, berapa NPSHa ?

Jawab

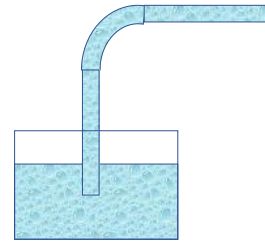


$$V_p = 1,706 \text{ kPa. abs} = 0,1706 \text{ m. abs}$$

$$\text{NPSH} = 13,42 \text{ m}$$

$$\text{NPSHa} = \text{NPSH} - V_p$$

$$\text{NPSHa} = 13,42 - 0,1706 = 13,2494 \text{ m}$$



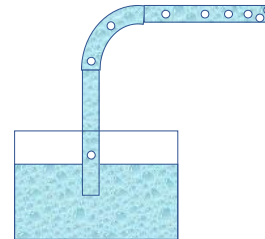
Ketika tekanan di dalam pipa di atas nilai vapour pressure maka tidak terjadi gelembung uap air di dalam pipa

Sehingga air mengalir dengan lancar

Soal Untuk Dikerjakan
Hitung nilai : NPSH, Vapor Pressure, dan NPSHa

1. $P_d = 7,5 \text{ kg/cm}^2$, $P_s = -0,4 \text{ kg/cm}^2$
Media kerja air suhu 20 deg.C.
2. $P_d = 60 \text{ psi}$, $P_s = 5 \text{ psi}$
Media kerja H_2SO_4 , 30 %, 20 deg.C.
3. $P_d = 3,5 \text{ bar}$, $P_s = -0,2 \text{ bar}$
Media kerja etanol, 50 deg.C.
4. $P_d = 1 \text{ M.Pa}$, $P_s = 20 \text{ kPa}$
Media kerja H_2SO_4 , 20 %, 50 deg.C.

JAWAB



Ketika tekanan di dalam pipa dibawah nilai vapour pressure maka terjadi gelembung uap air di dalam pipa (terjadi pendidihan)

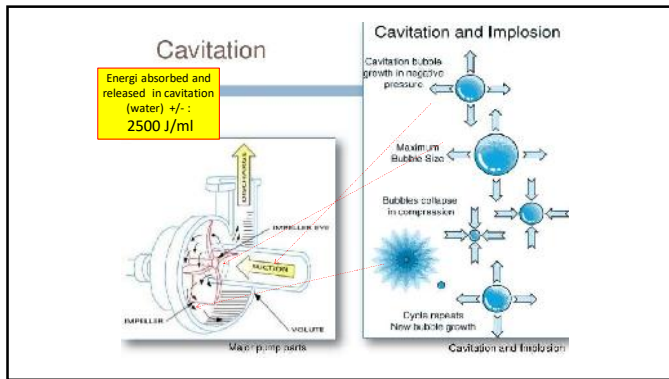
Sehingga aliran air di dalam pipa tidak lancar

KAVITASI

CAVITY

FLUIDA TIDAK MENDIDIH BILA BERADA DI LINGKUNGAN YANG TEKANANNYA DI ATAS VAPOUR PRESSURE

FLUIDA MENDIDIH BILA BERADA DI LINGKUNGAN YANG TEKANANNYA SAMA DAN ATAU DI BAWAH VAPOUR PRESSURE



NPSHa dan NPSHr

- NPSHa (NPSH available) : nilai yang digunakan untuk pembatas agar tidak terjadi pendiidihan di bagian suction yang dapat memicu terjadinya kavitasi
- NPSHr (NPSH required) : nilai NPSH yang disyaratkan oleh pompa supaya instalasi pompa tidak mengalami kavitasi.
- NPSHa itu adalah parameter di instalasi perpipaan (suction), NPSHr adalah parameter pompa (tergantung merk, tipe, pabrik, dll – ada tabel atau diagram dari produsen)
- Available : tersedia
- Required : yang dibutuhkan

KAVITASI

- Kavitasi peristiwa 2 tingkat.
- Tingkat 1
 - Terjadinya boiling di bagian suction karena tekanan positif di bagian suction lebih rendah atau sama dengan vapour pressure fluida kerja (fluida yang dipompa)
 - $NPSH < V_p$
- Tingkat 2
 - Gelembung uap fluida yang terjadi di bagian suction berubah menjadi cair (mengembun) ketika keluar dari impeller pompa
 - Hal itu mengakibatkan terjadinya implosion sehingga bagian sisi luar impeller dan bagian dalam casing pompa bopeng (cavity)

Kapan instalasi aman dari kavitasi

$$NPSH_a \geq 1,5 NPSH_r$$

Kapan terjadi kavitasi

- Kavitasi terjadi bila :

$$NPSH_a \leq NPSH_r$$

The Effects of Cavitation

<p>Q = 195 m3/jam TH = 105 m BHP = 74,6 kW Eff = 74 % NPSHr = 3,5 m Hg = 30 m Media kerja : air, pada suhu 20 deg.C Pd = 10 kg/cm2 Ps = - 0,5 kg/cm2</p>	<p>Aman bila : $NPSH_a \geq 1,5 NPSH_r$ Hasil menunjukkan $NPSH_a/NPSH_r = 1,44$ Kesimpulan : Aman dari kavitasi ? Kritis terhadap kavitasi ?</p>
--	---

<p>Ps = - 0,5 kg/cm2 Hs = - 0,5 x 10 m = - 5 m NPSH = Hs + atm = - 5 m + 10,3 m = 5,3 m Vp = 2,339 kPa = 2,399 x 0,1 m = 0,2339 m NPSHa = 5,3 m - 0,2339 m = 5,0661 m (NPSHa/NPSHr) = (5,0661/3,5) = 1,44</p>
--

<p> $Q = 195 \text{ m}^3/\text{jam}$ $TH = 105 \text{ m}$ $BHP = 74,6 \text{ kW}$ $Eff = 74 \%$ $NPSHr = 3,5 \text{ m}$ $Hg = 30 \text{ m}$ Media kerja : Media kerja H₂SO₄, 30 %, 20 deg.C. $Pd = 10 \text{ kg/cm}^2$ $Ps = -0,5 \text{ kg/cm}^2$ </p>	
<p> $Ps = -0,5 \text{ kg/cm}^2$ $Hs = -0,5 \times 10 \text{ m} = -5 \text{ m}$ $NPSH = Hs + atm = -5 \text{ m} + 10,3 \text{ m} = 5,3 \text{ m}$ $Vp = 1,5 \text{ kPa.abs}$ $NPSHa =$ $(NPSHa/NPSHr) =$ </p>	<p> Aman bila : $NPSH_a \geq 1,5 NPSH_r$ Hasil menunjukkan $NPSHa/NPSHr =$ Kesimpulan : Aman dari kavitasi ? Kritis terhadap kavitasi ? Terjadi kavitasi ? </p>

<p> $Q = 195 \text{ m}^3/\text{jam}$ $TH = 105 \text{ m}$ $BHP = 74,6 \text{ kW}$ $Eff = 74 \%$ $NPSHr = 3,5 \text{ m}$ $Hg = 30 \text{ m}$ Media kerja : Media kerja etanol, 50 deg.C. $Pd = 10 \text{ kg/cm}^2$ $Ps = -0,5 \text{ kg/cm}^2$ </p>	
<p> $Ps = -0,5 \text{ kg/cm}^2$ $Hs = -0,5 \times 10 \text{ m} = -5 \text{ m}$ $NPSH = Hs + atm = -5 \text{ m} + 10,3 \text{ m} = 5,3 \text{ m}$ $Vp = 30 \text{ kPa.abs}$ $NPSHa =$ $(NPSHa/NPSHr) =$ </p>	<p> Aman bila : $NPSH_a \geq 1,5 NPSH_r$ Hasil menunjukkan $NPSHa/NPSHr =$ Kesimpulan : Aman dari kavitasi ? Kritis terhadap kavitasi ? Terjadi kavitasi ? </p>

<p> $Q = 195 \text{ m}^3/\text{jam}$ $TH = 105 \text{ m}$ $BHP = 74,6 \text{ kW}$ $Eff = 74 \%$ $NPSHr = 3,5 \text{ m}$ $Hg = 30 \text{ m}$ Media kerja : Media kerja H₂SO₄, 20 %, 50 deg.C. $Pd = 10 \text{ kg/cm}^2$ $Ps = -0,5 \text{ kg/cm}^2$ </p>	
<p> $Ps = -0,5 \text{ kg/cm}^2$ $Hs = -0,5 \times 10 \text{ m} = -5 \text{ m}$ $NPSH = Hs + atm = -5 \text{ m} + 10,3 \text{ m} = 5,3 \text{ m}$ $Vp = 10 \text{ kPa.abs}$ $NPSHa =$ $(NPSHa/NPSHr) =$ </p>	<p> Aman bila : $NPSH_a \geq 1,5 NPSH_r$ Hasil menunjukkan $NPSHa/NPSHr =$ Kesimpulan : Aman dari kavitasi ? Kritis terhadap kavitasi ? Terjadi kavitasi ? </p>



One Stop Training & Certification
Inspection - Welding Engineering Consultant
WPS Design - Welder Qualification & Certification - NDT & PWHT Services

Nomor : 21.001/SLV-SUT/XI/2021

Hal : Ucapan Terima Kasih

Kepada Yth.

Bapak Ir. Yohanes Agus Jayatun, M.T

Di Tempat

Dengan Hormat,

Bersama surat ini kami mengucapkan terima kasih atas kesediaan Bapak Ir. Yohanes Agus Jayatun, M.T untuk menjadi narasumber dalam kegiatan *Training Rotating Equipment Inspector* yang diadakan oleh PT. SLV Metropolitan Indonesia, pada:

Hari, Tanggal : Selasa – Jumat, 19 – 22 Oktober 2021

Waktu : 19.30 – 22.30 WIB

Tempat : Online Via Zoom

Kami sangat mengharapkan kerjasama ini tetap terjalin untuk kegiatan selanjutnya.

Demikian kami sampaikan, atas perhatian serta bantuan yang diberikan, kami ucapkan terima kasih.

Cilegon, 5 November 2021

PT. SLV Metropolitan Indonesia

Helman Novrando

Direktur



+62 254 8481 815



Metro Cilegon A1 No. 9-10
Cilegon, Banten - Indonesia 42411



admin@slv.co.id
www.slv.co.id