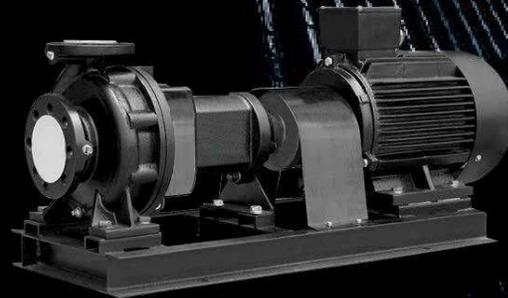


NEWTONUS PUMP

POMPA DAN SISTEM PERPIPAAN



Oleh
Ir. Mochamad Ali Budiman



Dilengkapi dengan :

- Software Kalkulator Total Head Pompa, Uji Kavitasasi dan Diameter Pipa
- Petunjuk Pemakaian Software dan Studi Kasus

KATA PENGANTAR

Buku ini menitik beratkan pada software kalkulator “Total head pompa dan perpipaan”, karena dengan software ini akan mempermudah menentukan Total head/ Energi listrik pompa dan juga mempermudah menentukan diameter pompa yang ideal serta dapat dengan mudah mengetahui apakah pompa terjadi kavitasi.

Penulis berusaha untuk memberikan materi yang lengkap dan komperhensif dengan membahas dari segi teknis pompa, seleksi, pemasangan, system perpipaan, system aplikasi, system control, operasional, perawatan dan perbaikan.

Buku ini sangat cocok digunakan oleh siapapun yang berminat di bidang pompa dan perpipaannya, yaitu konsultan M/E, kontraktor M/E, engineering/teknisi gedung, salesmen, pembelian/procurement, akademisi dan pelajar.

Tujuan dari buku ini adalah memberikan pengetahuan yang mudah dimengerti dan dilakukan sehingga dapat digunakan sebagai dasar untuk memilih ataupun menggunakan pompa yang hemat listrik dan tahan lama.

Tentunya buku yang kami susun ini tak luput dari kekurangan, oleh karena itu perlu masukan, kritik dan saran untuk perbaikan

TETANG PENULIS

Penulis (Mochamad Ali Budiman) adalah alumni UNDIP jurusan Teknik Mesin lulus thn 1991.

Lahir di Lasem - Rembang 09 Okt. 1965, Pendidikan sekolah dasar di SDN Induk 1, kemudian dilanjutkan ke SMPN Lasem dan meneruskan di SMAN 2 Rembang, lulus 1984.

Saat ini penulis berkarir sebagai direktur PT. Nusantara Teknik yang memasarkan pompa dengan merek NEWTONUS.

Sebelumnya penulis pernah bergabung dengan perusahaan kontruksi dan pompa dari Denmark dan Jerman selama kurang lebih 30 tahun. Profesi lain penulis sampai dengan sekarang adalah sebagai trainer dan konsultan tentang “Pompa dan sistem perpipaan”.



Bogor 7 Agustus 2017

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	
DAFTAR ISI	
BAB 1. PENDAHULUAN	
BAB 2. APLIKASI SISTEM POMPA AIR	
2.1. Pompa transfer/pengisi	
2.1.1. Dari sumur dangkal ke ground tank/tower tank	
2.1.2. Dari sumur sedang ke ground tank/tower tank	
2.1.3. Dari sumur dalam ke ground tank/tower tank	
2.1.4. Dari ground tank ke tower tank	
2.1.5. Dari tower tank ke boiler bertekanan	
2.2. Pompa booster/distribusi	
2.2.1. Dari ground tank ke kran/shower/wastafel/dll.	
2.2.2. Dari roof tank ke kran/shower/wastafel/dll.	
2.3. Pompa sirkulasi	
2.3.1. Sirkulasi air panas	
2.3.1.1. Dari tangki penyimpan ke heater/boiler	
2.3.1.2. Dari tangki penyimpan ke pemipaan gedung	
2.3.2. Sirkulasi air dingin	
2.3.2.1. Dari chiller (Condensor) ke AHU (Air handling unit)	
2.4. Pompa pemadam kebakaran	
2.4.1. Dari tangki air ke box hydrant dan ke sprinkler.	
2.5. Pompa air kotor/wastewater	
2.5.1. Transfer dari tangki penampung limbah toilet ke tangki proses pengolahan (Sewage treatment plant/STP)	
2.5.2. Transfer dari tanki penampung limbah dapur ke tangki proses pengolahan (Sewage treatment plant/STP)	

- 2.5.3. Transfer dari tangki penampung air hujan ke saluran pembuangan.
- 2.5.3. Transfer dari intake ke tangki proses pengolahan (Water treatment plant/WTP)
- 2.5.4. Transfer dari lubang piling ke tempat pembuangan
- 2.5.5. Transfer dari kolam/tambak ikan ke pembuangan
- 2.5.6. Transfer dari tempat banjir/penampung air banjir ke pembuangan
- 2.5.7. Sirkulasi kolam taman/kolam renang

BAB 3. TIPE POMPA AIR

- 3.1. Pompa non submersible
 - 3.1.1. Pompa end suction
 - 3.1.1.1. Pompa end suction horisontal single stage
 - 3.1.1.1.1. Pompa closed couple
 - 3.1.1.1.2. Pompa long couple
 - 3.1.1.2. Pompa end suction horisontal multi stage
 - 3.1.2. Pompa In-line
 - 3.1.2.1. Pompa in-line horisontal single stage
 - 3.1.2.1.1. Sirkulator dengan canned motor
 - 3.1.2.1.2. Split case long couple
 - 3.1.2.1.3. Mix flow long couple
 - 3.1.2.2. Pompa in-line vertical multi stage
 - 3.1.3. Pompa booster
 - 3.1.3.1. Booster pressure switch control
 - 3.1.3.2. Booster variable speed control
- 3.2. Pompa submersible (Pompa celup)
 - 3.2.1. Pompa celup air kotor
 - 3.2.1.1. Open impeller
 - 3.2.1.2. Enclosed impeller

- 3.2.1.3. Vortex impeller
- 3.2.1.4. Channel impeller
- 3.2.1.5. Chutter impeller
- 3.2.1.1. Axial flow impeller
- 3.2.2. Pompa celup air bersih
 - 3.2.2.1. Pompa deep well multi stage impeller
- 3.3. Pompa immersible

BAB 4. TEORI DASAR POMPA AIR & PEMIPAAN

- 4.1. Karakteristik kurva pompa & pipa
 - 4.1.1. Karakteristik kurva pompa
 - 4.1.1.1. Total head
 - 4.1.1.2. Effisiensi
 - 4.1.1.3. NPSHr
 - 4.1.1.4. Daya (P_1 & P_2)
 - 4.1.2. Karakteristik kurva pipa
 - 4.1.2.1. Sistem terbuka
 - 4.1.2.2. Sistem tertutup
- 4.2. Daya pompa
 - 4.2.1. Daya hidrolis
 - 4.2.2. Daya motor
- 4.3. Shaft seal
 - 4.3.1. Mechanical shaft seal
 - 4.3.1.1. Cartridge seal
 - 4.3.1.2. Tradisional seal
 - 4.3.2. Gland packing
- 4.4. Rangkaian pompa
 - 4.4.1. Rangkaian pompa Seri
 - 4.4.2. Rangkaian pompa Paralel
- 4.5. Total head pompa
 - 4.5.1. Friction loss pipa
 - 4.5.2. Friction fitting
 - 4.5.3. Pressure drop peralatan mechanical
 - 4.5.3. Geodetic head

- 4.5.3. Diameter pipa & velocity
- 4.5.4. Menghitung total head pompa

- 4.6. Tinggi Hisap Maximum, Kavitasi & NPSH
 - 4.6.1. NPSHr
 - 4.6.2 NPSHa
 - 4.6.3. Kavitasi
 - 4.6.4. Tinggi hisap maximum

BAB 5. PENGATURAN FLOW (Q) & HEAD (H) POMPA

- 5.1. Di cekik (Throttle)
- 5.2. Pemotongan impeller
- 5.3. Variable speed

BAB 6. SISTEM PEMIPAAN POMPA AIR

- 6.1. Negative suction dengan positif discharge
- 6.2. Positive suction dengan positif discharge
- 6.3. Pompa deep well dengan positif discharge
- 6.4. Pompa air kotor dengan positif discharge
- 6.5. Positif suction dengan negatif discharge/grafitasi
- 6.6. Negatif suction dengan negative discharge
- 6.7. Sirkulasi tertutup/closed loop

BAB 7. SOFTWARE KALKULATOR TOTAL HEAD, KAVITASI, DIAMETER PIPA & VELOCITY

- 7.1. Petunjuk penggunaan kalkulator
- 7.2. Studi kasus dan penyelesaiannya (Analisa kalkulasi total head & kavitasi)
 - 7.2.1. Negative suction dengan positif discharge
 - 7.2.1.1. Transfer dari sumur ke ground tank

7.2.1.2. Transfer dari ground tank ke roof tank/tower tank

7.2.2. Pompa deep well dengan positif discharge

7.2.2.1. Transfer dari sumur ke ground tank/tower tank

7.2.3. Pompa air kotor dengan positif discharge

7.3.3.1. Transfer air kotor dari tank penampung ke pembuangan/ke proses pengolahan air limbah

7.2.4. Positive suction dengan positif discharge

7.2.4.1. Transfer dari ground tank ke roof tank/tower tank

7.2.4.2. Sistem pemadam kebakaran

7.2.4.3. Transfer dari feed tank ke boiler

7.2.5. Positif suction dengan negatif discharge

7.2.5.1. Distribusi dari roof tank ke shower, wastafel, toilet, kran/nozel

7.2.5.2. Distribusi dari ground/tower tank PDAM ke rumah pelanggan

7.2.6. Sirkulasi tertutup (Closed loop)

7.2.6.1. Sirkulasi air panas untuk gedung

7.2.6.2. Sirkulasi air dingin chiller AC central

BAB 8. Audit dan seleksi pompa dengan metode LCC

8.1. Pompa lama vs baru (QH sama, pompa beda)

8.2. Pompa lama vs baru (QH beda, pompa sama)

8.3. Pompa baru 2Pole vs 4Pole (QH sama)

8.4. Booster VSD vs pressure switch control

8.5. Pompa lama vs service

8.6. Pompa dg pipa dia. 3" vs pipa dia.4" (Q sama)

BAB 9. SURGING DAN WATER HAMMER

- 9.1. Surgin
- 9.2. Water hammer
- 9.3. Menghindari water hammer

BAB 10. PONDASI, INERSIA BLOK & INSTALASI

- 10.1. Pondasi, inersia blok pompa
- 10.2. Instalasi pompa non submersible
- 10.3. Instalasi pompa submersible

BAB 11. OPERASIONAL POMPA

- 11.1. Start-up awal
- 11.2. Manual operasional
- 11.3. Otomatis operasional

BAB 12. PEMELIHARAAN POMPA

- 12.1. Cek berkala debit, tekanan, getaran dan suara
- 12.2. Cek berkala impeler dan rumah pompa
- 12.3. Ganti berkala bearing dan shaft seal

BAB 13. DIAGNOSA & PERBAIKAN POMPA

- 13.1. Debit dan tekanan berkurang
- 13.2. Motor panas
- 13.3. Getaran dan suara keras

BAB 14. PANEL KONTROL

- 14.1. Pompa transfer
- 14.2. Pompa booster/distribusi
- 14.3. Pompa celup air kotor
- 14.4. Pompa sirkulasi

DAFTAR PUSTAKA

BAB 1. PENDAHULUAN

Keberadaan pompa air dalam era kehidupan modern ini sangat vital yaitu sebagai alat bantu untuk memindahkan air dari suatu tempat ke tempat lain. Pemakaian pompa air sangat luas diantaranya digunakan di rumah tinggal, bangunan gedung bertingkat, bangunan pabrik, proses industri ataupun di area tambang.

Ada dua komponen penting dalam unit pompa yaitu rumah pompa dan penggerak (Motor listrik atau mesin diesel). Secara langsung pompa air tidak menghasilkan emisi gas buang, akan tetapi dalam era industri ini kebanyakan penggerak pompa menggunakan motor dengan sumber listrik dari PLN (Yang biasanya menggunakan pembangkit tenaga uap), sehingga pompa air termasuk alat yang bisa menyebabkan terjadinya kerusakan lingkungan.

Dengan semakin meningkatnya kesadaran manusia terhadap lingkungan yang bersih dan bebas polusi serta mencegah untuk mengurangi terjadinya efek pemanasan global, maka manusia sudah mulai mempertimbangkan produk *pompa air yang hemat energi*.

Energi listrik dapat dihasilkan dari pembangkit listrik tenaga uap, tenaga diesel, tenaga nuklir, tenaga matahari dan tenaga angin, dll.

Pembangkit listrik tenaga uap dan tenaga diesel paling banyak digunakan karena investasi yang relatif murah. Dikarenakan pembangkit tersebut menggunakan bahan bakar fosil (Batubara, solar, bensin, dll.), maka menjadi salah satu penyumbang penyebab kerusakan lingkungan yaitu dengan timbulnya pemanasan global dari proses pembakaran yang menghasilkan emisi gas buang CO₂.

Pembangkit listrik terbarukan seperti tenaga matahari dan tenaga angin sebagai alternatif pembangkit listrik yang ramah lingkungan, akan tetapi pembangkit listrik jenis ini memerlukan investasi tinggi sehingga jarang digunakan.

Untuk mengurangi kerusakan lingkungan karena emisi gas buang CO₂ maka perlu diperhatikan seleksi pompa yang mempunyai tingkat efisiensi tinggi. Karena efisiensi pompa akan sangat menentukan besarnya listrik yang digunakan oleh motor pompa, dengan efisiensi yang tinggi maka listrik yang digunakan oleh motor pompa akan kecil.

Hal lain yang juga sangat menentukan kinerja pompa yaitu *Sistem Aplikasi dan Sistem Pemipaan*. Meskipun pompa yang akan digunakan mempunyai tingkat efisiensi dan kualitas yang tinggi, akan tetapi jika tidak digunakan untuk sistem aplikasi dan sistem pemipaan yang benar, maka pompa tersebut tidak dapat mencapai kinerja yang optimal.

Sistem aplikasi pompa air yaitu menyangkut masalah fungsi pompa air tersebut, apakah akan digunakan sebagai pompa transfer (pengisi), pompa booster (distribusi), pompa sirkulasi air panas/dingin, pompa pemadam kebakaran, pompa air kotor, dll. Seleksi pompa yang sesuai dengan sistem aplikasinya akan mempunyai umur yang panjang.

Sistem pemipaan pompa air yaitu berhubungan dengan pemasangan, jenis material dan diameter pipa. Dengan sistem pemipaan yang benar maka daya pompa yang digunakan kecil.

Jadi "*Sistem Aplikasi Pompa dan Sistem Pemipaan*" merupakan dua hal penting sehingga harus diperhatikan pada saat Perencanaan supaya pompa tahan lama dan konsumsi listrik yang digunakan rendah.

BAB 2. APLIKASI POMPA AIR

2.1. Pompa transfer atau pompa pengisi

Pompa transfer sering disebut juga dengan istilah pompa pengisi atau pompa pemindah atau pompa angkat. Fungsi pompa ini memindahkan air dari satu tempat ke tempat lain secara otomatis ataupun dengan cara manual (On/Off).

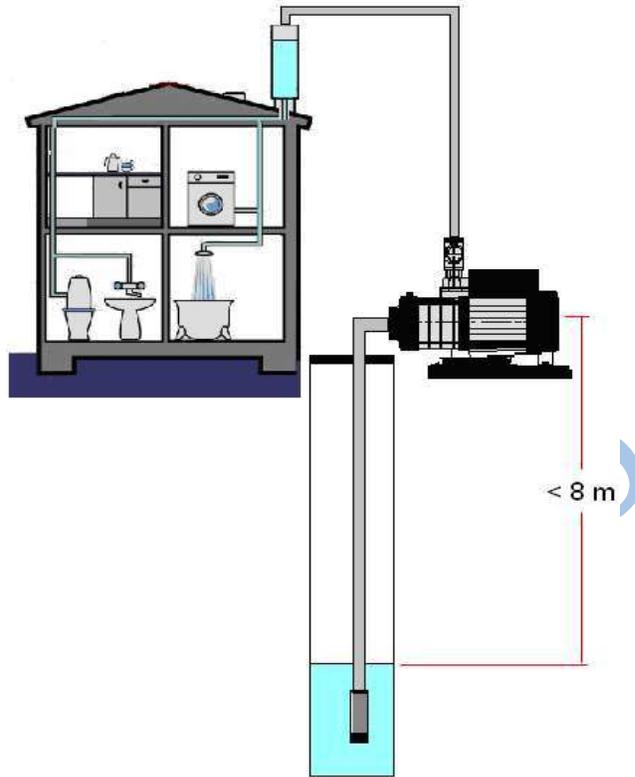
Pompa bekerja secara otomatis dengan bantuan sensor elektroda ataupun dengan pelampung, sensor ini akan bekerja dengan mendeteksi level air. Jika level air turun (tangki kosong) pada level tertentu maka akan dideteksi oleh elektroda/pelampung kemudian memberi perintah supaya pompa hidup, dan apabila level air naik (tangki penuh) pada level tertentu maka akan dideteksi oleh elektroda/pelampung kemudian memberi perintah supaya pompa mati.

Pompa bekerja secara manual berarti pompa akan bekerja tanpa sensor. Hidup dan mati pompa berdasarkan tombol saklar on-off yang ditekan oleh orang (operator).

Pompa yang menggunakan listrik 3 phase maka harus dilengkapi panel kontrol untuk mengontrol kerja pompa tersebut, sedangkan pompa yang menggunakan listrik 1 phase tidak harus menggunakan panel kontrol untuk mengontrol kerja pompa.

2.1.1. Pompa transfer dari sumur dangkal ke ground tank/tower tank

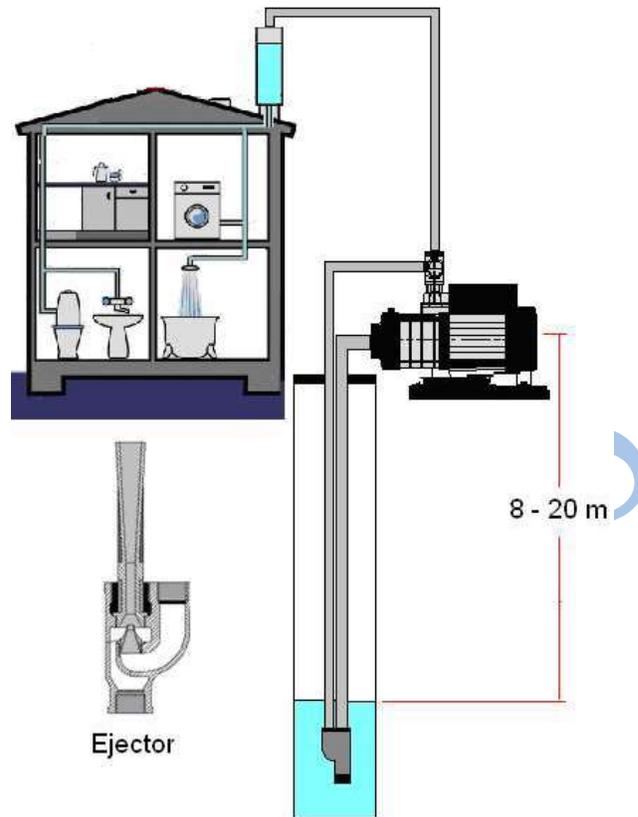
Sumur dangkal mempunyai kedalaman kurang dari 8 meter (dari permukaan tanah ke level air). Pompa sumur dangkal biasanya menggunakan pompa tipe centrifugal end suction ukuran kecil.



Gbr.2.1.3. Pompa transfer dari sumur dangkal (< 8 meter) ke ground/tower tank

2.1.2. Pompa transfer dari sumur sedang ke ground tank/ tower tank

Sumur dengan kedalaman sedang adalah sumur yang mempunyai kedalaman antara 8 meter s/d 20 meter (diukur dari permukaan tanah ke level air). Pompa yang digunakan adalah tipe jet pump, disebut jet pump karena pada pompa ini ada alat tambahan dipasang pada sisi hisap dinamakan ejector yang mempunyai fungsi untuk menambah daya dorong. Pada sisi hisap pompa jet pump mempunyai dua jalur pipa, satu jalur sebagai pipa hisap dan satu jalur lainnya sebagai pipa dorong yang berfungsi mengalirkan sebagian air dari pompa, mengalir turun menuju ejector kemudian kembali mendorong keatas melalui pipa hisap.



Gbr. 2.1.2. Pompa jetpump untuk transfer dari sumur sedang (8 - 20 meter) ke ground/tower tank.

2.1.3. Pompa transfer dari sumur dalam ke ground tank/tower tank

Kategori sumur dalam yaitu sumur yang mempunyai kedalaman diatas 20 meter (diukur dari permukaan tanah ke level air). Ada dua macam level air yang biasa digunakan sebagai acuan yaitu dynamic water level (level air yang selalu berubah) dan static water level (level air yang tetap).

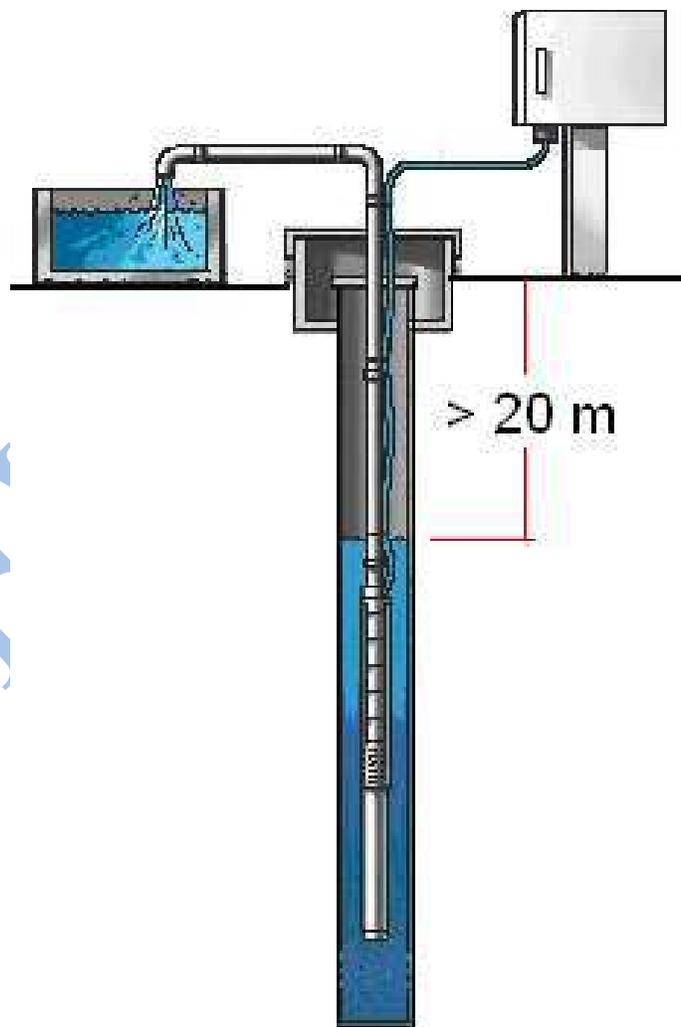
Dynamic water level (DWL) adalah level air yang sudah stabil setelah dilakukan pumping test atau level air terdalam (dari permukaan tanah) yang terjadi pada musim kemarau.

Static water level (SWT) adalah posisi level air terendah (dari permukaan tanah) sebelum dilakukan

pumping test atau level air terendah yang terjadi pada musim hujan.

Pengukuran level air untuk sumur dalam dapat dilakukan dengan menggunakan alat Water Level Meter.

Untuk aplikasi sumur dalam, pompa yang digunakan adalah tipe celup (submersible deep well) yang mempunyai kemampuan tekanan atau pressure tinggi. Cara kerja pompa ini adalah mendorong air dari bawah ke atas sehingga tidak memerlukan pipa hisap.

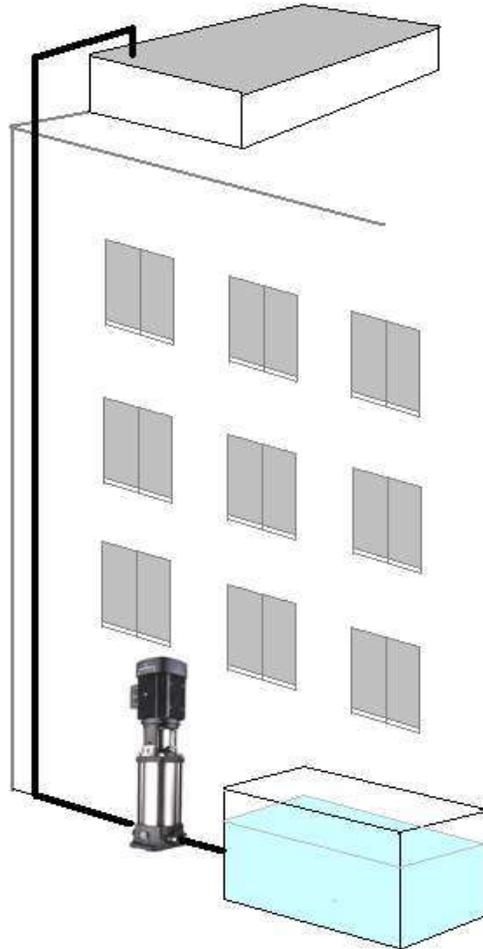


Gbr. 2.1.1. Pompa deep well untuk transfer dari sumur dalam (≥ 20 meter) ke ground.

2.1.4. Pompa transfer dari ground tank ke tower tank

Aplikasi ini banyak dijumpai di gedung-gedung dan industri. Karena pada aplikasi ini diperlukan debit air yang besar dan juga tekanan yang tinggi maka ada dua tipe yang sesuai yaitu tipe end suction horizontal dan in-line vertical.

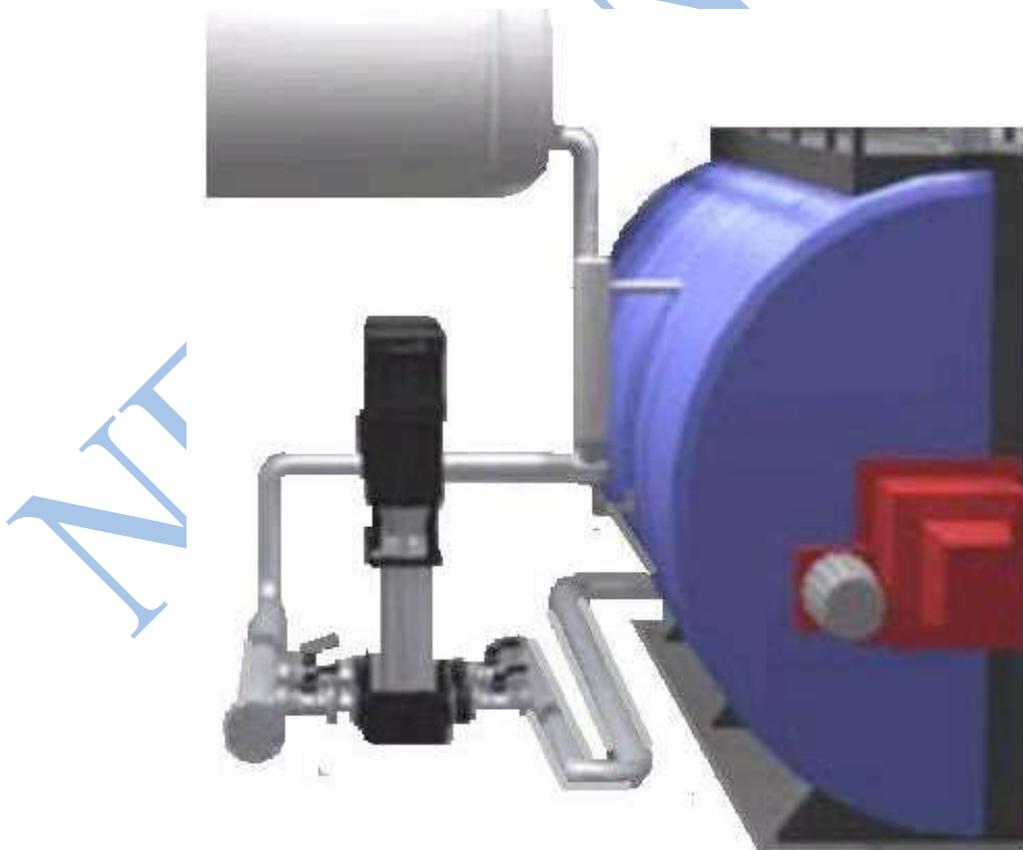
Untuk pompa tipe end suction horizontal sering digunakan untuk bangunan gedung/pabrik yang mempunyai ruang pompa cukup luas. Sedangkan pompa tipe in-line vertical sering digunakan untuk bangunan gedung/pabrik yang ruang pompa relatif sempit..



Gbr.2.1.4. Pompa transfer dari ground tank ke tower tank.

2.1.5. Pompa transfer pengisi boiler

Aplikasi pompa ini sebagai pengisi boiler dengan menggunakan air panas dengan temperatur antara 40°C – 100°C , sehingga pompa rentan terhadap kavitasasi dan untuk menghindari kavitasasi posisi tangki air diletakan lebih tinggi dari pompa. Pada aplikasi ini pompa yang digunakan adalah tipe in-line vertical multi stage karena pompa ini mempunyai tekanan yang tinggi dan juga NPSH yang relative kecil jika dibandingkan dengan tipe end suction.



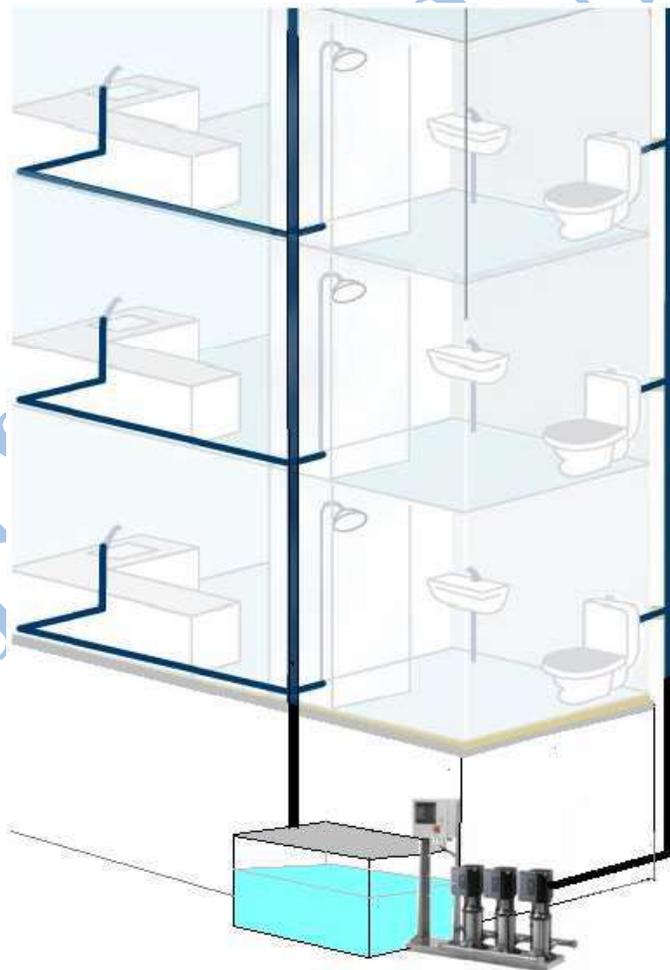
Gbr.2.1.5. Pompa transfer pengisi boiler

2.2. Pompa booster/pompa distribusi

2.2.1. Pompa Booster dari ground tank ke kran, shower, wastafel, toilet, bath up, dll.

Aplikasi pompa booster ini sesuai untuk digunakan pada bangunan yang tidak terlalu tinggi (Maksimal 3 lantai).

Keuntungan sistem ini adalah tidak perlu roof tank dan tidak perlu pompa transfer. Sedangkan kerugiannya adalah jika listrik mati maka tidak ada cadangan air yang bisa digunakan secara grafitasi.

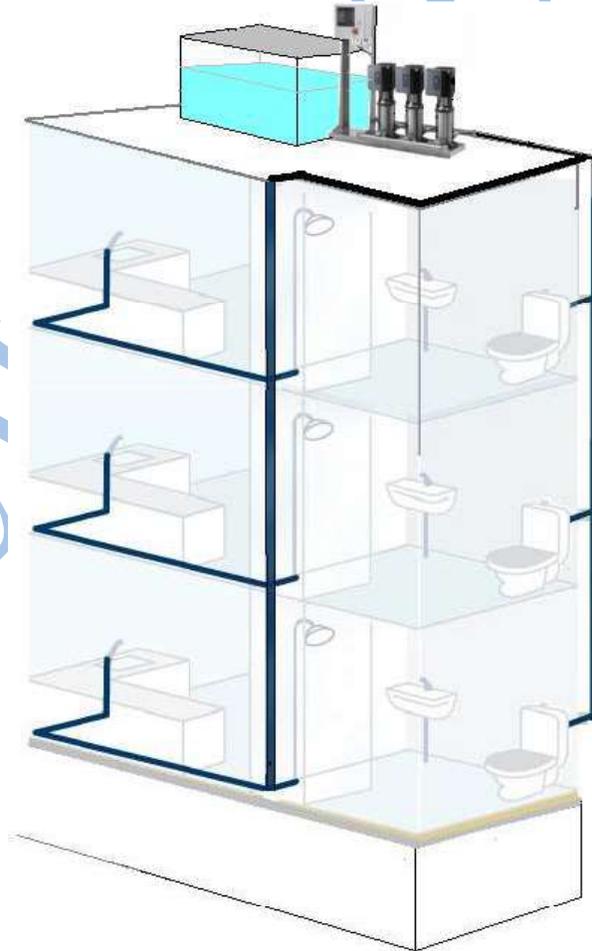


Gbr.2.2.1. Pompa booster dari ground tank ke kran, wastafel, toilet, bath up, dll.

2.2.2. Pompa booster dari roof tank ke kran, shower, wastafel, toilet, bath up, dll.

Pompa booster sesuai digunakan pada bangunan tinggi (Lebih dari 3 lantai) dan hanya digunakan untuk mendistribusikan air pada 2 lantai teratas, sedangkan lantai dibawahnya menggunakan sistem grafitasi tanpa pompa.

Keuntungan menggunakan sistem ini, jika listrik mati maka masih ada persediaan air untuk beberapa saat karena adanya roof tank sebagai penampung air sementara. Sedangkan kekurangannya adalah beban bangunan lebih berat sehingga memerlukan pondasi yang kuat.



Gbr.2.2.2. Pompa booster dari roof tank ke kran, wastafel, toilet, bath up, dll.

2.3. Pompa sirkulator

Pompa sirkulator digunakan untuk mensirkulasi air pada sistem pemipaan yang tertutup yaitu sistem pemipaan yang saling berhubungan dari outlet pompa kembali ke inlet pompa. Pompa sirkulator dapat digunakan untuk mensirkulasi air panas dan juga air dingin.

2.3.1. Pompa sirkulator air panas

Pompa sirkulator air panas bekerja otomatis berdasarkan sensor temperatur (termostat/ temperatur transducer), jika temperatur air turun sampai batas seting minimal maka pompa akan hidup, dan jika temperatur air naik mencapai batas seting maximal maka pompa akan mati.

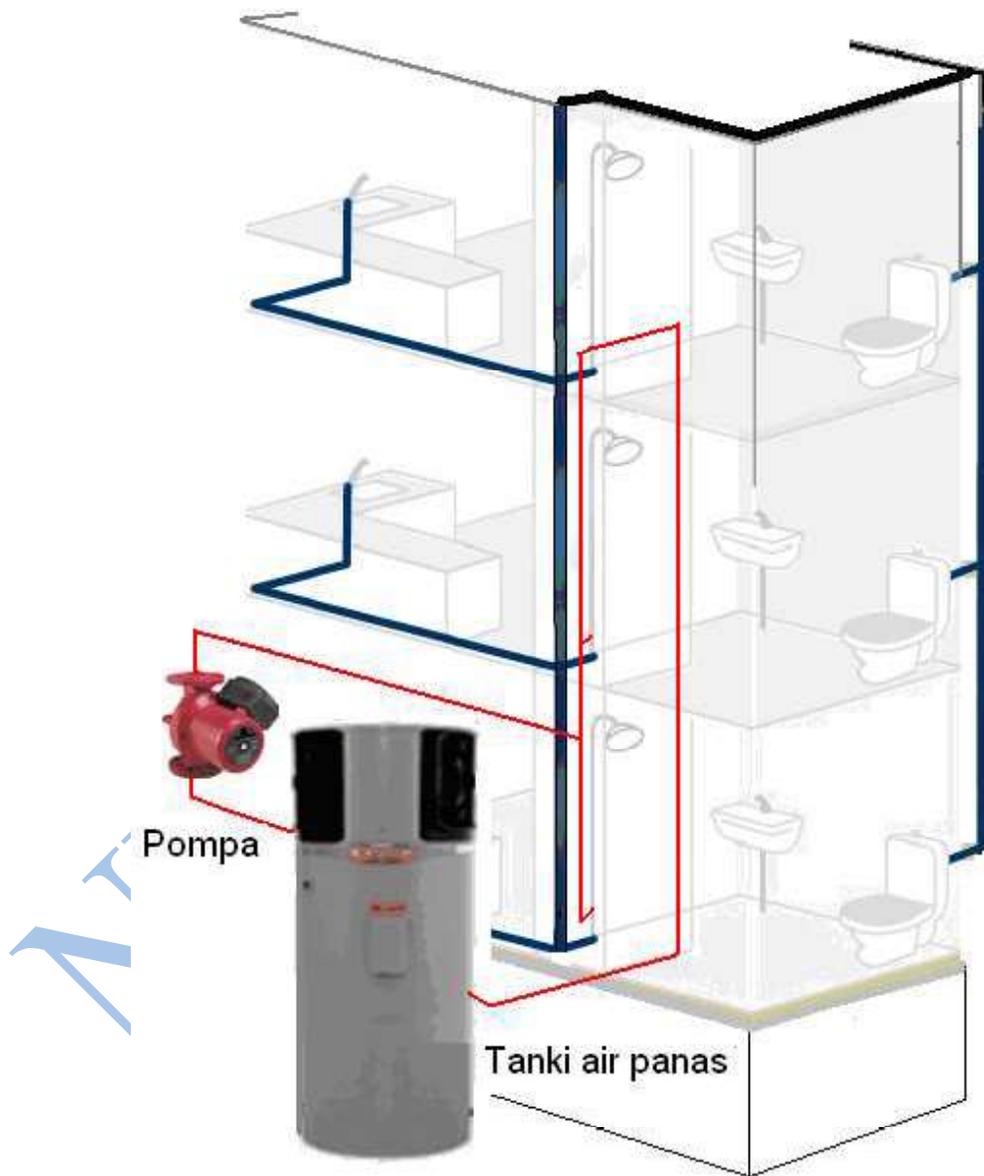
Jika pompa sirkulator tidak dipasang sensor otomatis maka pompa akan bekerja terus menerus, ini berarti pompa bekerja secara manual on/off.

Contoh pompa sirkulator adalah untuk sirkulasi air panas dari tangki penyimpan ke bangunan gedung atau pompa sirkulator yang digunakan untuk sirkulasi pemanasan air dari boiler/heater ke tangki penyimpan.

2.3.1.1. Pompa sirkulator dari tangki penyimpan ke sistem pemipaan gedung

Fungsi pompa sirkulator ini hanya untuk menjaga supaya air panas di sistem pipa bangunan temperaturnya stabil (contoh : 60°C), terutama di saluran pipa terjauh dari tangki penyimpan, sehingga pada saat kran air panas dibuka maka tidak harus menunggu lama untuk mendapatkan air panas. Jika tidak ada pompa sirkulasi maka pada saat air panas berhenti tidak digunakan, temperatur air didalam pipa perlahan akan turun dibawah seting point (contoh : temperatur menjadi 40°C) dan pada saat kran terjauh dibuka maka air panas dengan temperatur

rendah 40°C akan keluar terlebih dulu, menunggu beberapa saat baru air panas 60°C keluar.



Gbr. 2.3.1.2. Pompa sirkulator dari tangki penyimpanan ke sistem pemipaan gedung

2.3.2.2. Pompa sirkulator dari tangki penyimpanan ke heater/boiler

Fungsi pompa sirkulator ini hanya untuk menjaga supaya temperatur air pada tangki penyimpanan tetap stabil. Apabila terjadi aliran air panas keluar dari tangki penyimpanan maka air dingin akan mengisi tangki tersebut dan terjadi percampuran air panas & air dingin sehingga temperatur air didalam tangki penyimpanan turun, kondisi ini akan disensor oleh termostat dan memberi informasi pompa untuk hidup sehingga air mengalir dari tangki penyimpanan ke heater/boiler untuk dipanaskan kemudian kembali ke tangki penyimpanan lagi. Sirkulasi air akan terjadi terus menerus sampai temperatur di tangki penyimpanan naik mencapai temperatur seting, baru kemudian pompa mati.



Gbr.2.3.1.1. Pompa sirkulator dari tangki penyimpanan ke heater/boiler.

2.3.2. Pompa sirkulator air dingin

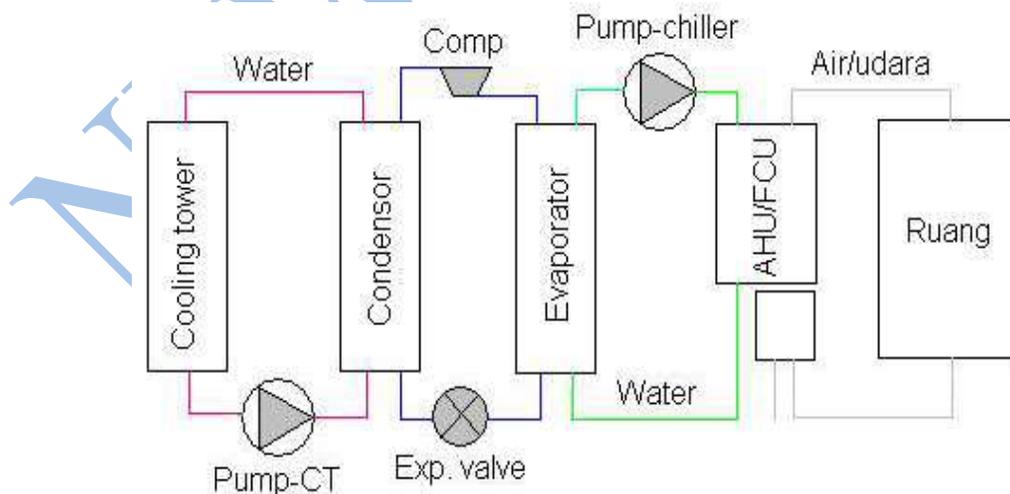
2.3.2.1. Pompa sirkulasi dari chiller ke AHU (Air handling unit).

Pada sistem AC sentral ada dua pompa sirkulasi yaitu pompa sirkulasi air dingin chiller dan pompa sirkulasi air cooling tower.

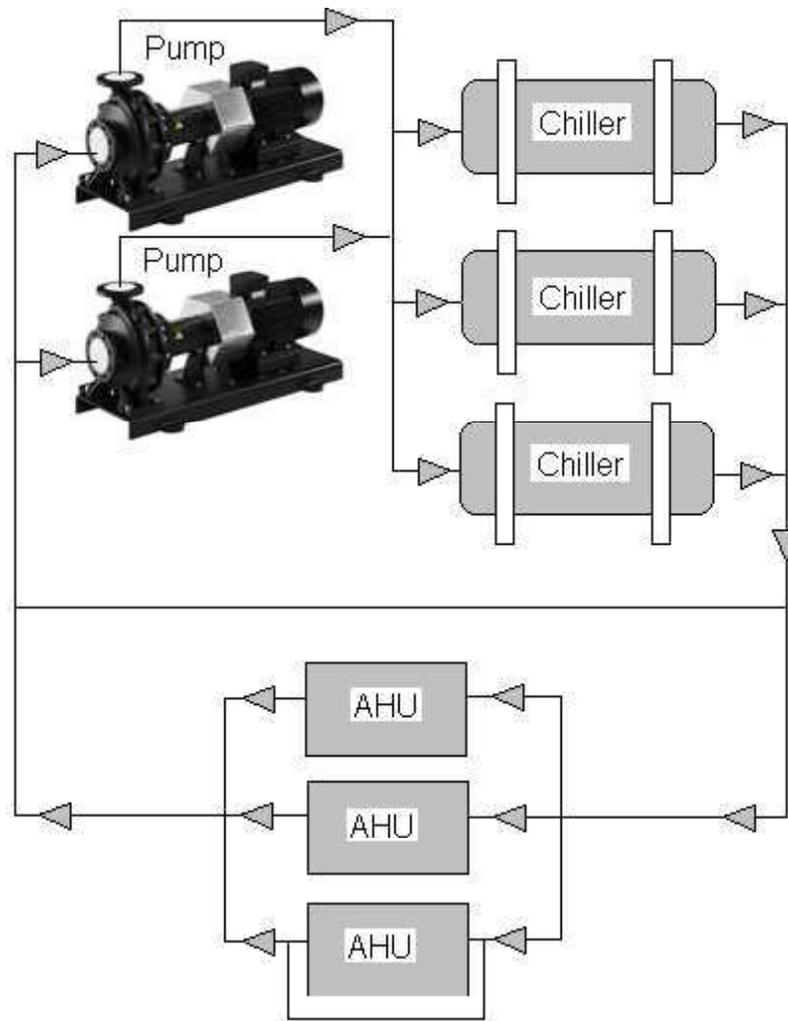
Pompa sirkulasi air dingin chiller digunakan untuk mengalirkan air dari evaporator ke AHU (Air handling unit) yang kemudian air tersebut memindahkan kalor ke udara di AHU, dan kemudian udara segar tersebut dialirkan ke ruangan.

Sedangkan pompa sirkulasi cooling tower yaitu untuk mengalirkan air dari kondensor ke cooling tower untuk didinginkan.

Pada sistem AC variable primary flow, pompa akan bekerja dengan flow bervariasi sesuai dengan beban pendinginan dan pompa bekerja secara otomatis berdasarkan sensor beda temperatur (ΔT).



Gbr. 2.3.2.1. Skematik AC sentral



Gbr. 2.3.2.3. Sirkulasi air pendingin dari chiller ke AHU pada sistem AC variable primary.

2.4. Pompa pemadam kebakaran

Satu paket pompa pemadam kebakaran ada tiga jenis pompa yaitu pompa utama dengan penggerak motor elektrik, pompa cadangan utama (Dengan penggerak mesin disel atau motor listrik) dan pompa jockey.

Fungsi dari pompa jockey yaitu untuk mengganti atau memberi tekanan di dalam system pipa yang berkurang karena kebocoran kecil atau pemakaian air dengan debit yang kecil.

Fungsi pompa utama dengan penggerak motor elektrik (Sumber arus listrik dari PLN) yaitu untuk memadamkan

api jika terjadi kebakaran baik melalui box hydrant ataupun sprinkler.

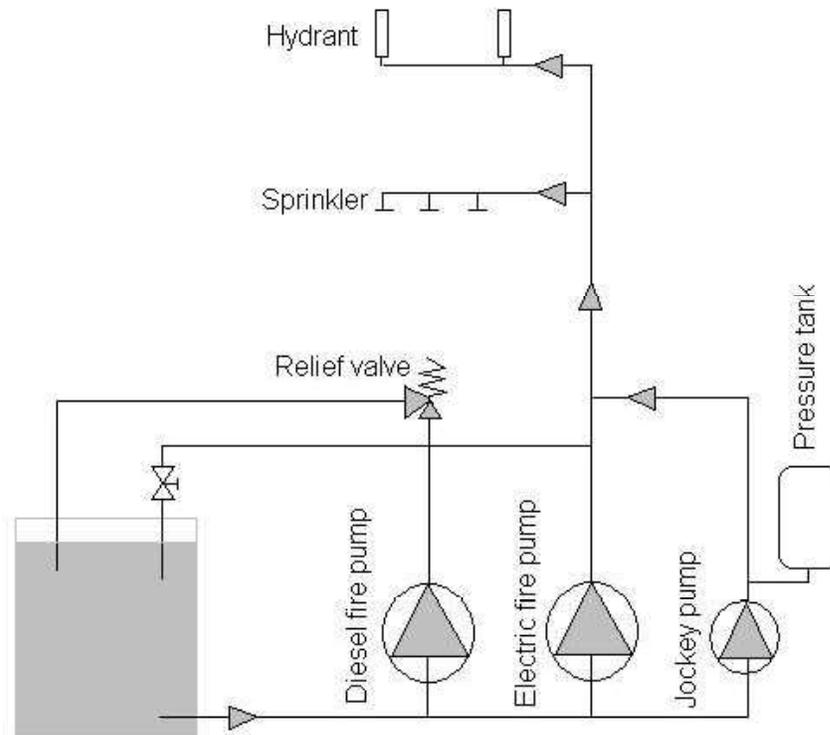
Pompa cadangan utama akan berfungsi apabila terjadi pemadaman arus listrik PLN pada saat terjadi kebakaran sehingga pompa utama dengan penggerak motor elektrik tidak dapat beroperasi. Ada dua macam pompa cadangan utama yaitu pompa dikopel dengan mesin diesel atau pompa dikopel dengan motor elektrik akan tetapi sumber arus listriknya dari genset.

Sistem pemipaan pemadam kebakaran digunakan untuk box hydrant saja atau untuk sprinkler saja, dan juga bisa digunakan untuk kombinasi box hydrant dan sprinkler. Karena pompa pemadam kebakaran merupakan pompa untuk keselamatan bangunan dan penghuninya maka pompa ini mempunyai standarisasi dan sertifikat tertentu yang telah ditetapkan.

Untuk standarisasi biasanya mengacu ke buku NFPA (National Fire Protection Association) atau peraturan SNI (Standart Nasional Indonesia).

Sedangkan untuk sertifikat pompa pemadam kebakaran biasanya dikeluarkan oleh UL (Underwriters laboratories) dan atau FM (Factory Mutual), dimana kedua badan sertifikasi tersebut dari Amerika Serikat. Dan masih banyak lagi sertifikat pompa pemadam kebakaran yang di keluarkan oleh masing-masing negara.

Cara kerja jockey dan pompa utama adalah berdasarkan sensor tekanan. Jika tekanan didalam pipa turun karena kebocoran kecil atau pemakaian air sedikit maka pompa jockey akan hidup. Jika terjadi kebakaran maka sprinkler akan otomatis pecah dan menyembrotkan air atau penghuni menggunakan box hydrant untuk memadamkan api maka pompa utama akan hidup. Apabila api semakin membesar dan sumber arus listrik dari PLN diputus maka pompa jockey dan pompa utama mati, untuk selanjutnya pompa cadangan utama akan hidup sampai api padam dan pompa cadangan ini akan mati secara manual.



Gbr. 2.4.a. Skematik sistem pemadam kebakaran



Gbr. 2.4.b. Paket pompa pemadam kebakaran

2.5. Pompa air kotor

Aplikasi pompa air kotor digunakan berdasarkan jenis kotoran/sampah yang bercampur dengan air. Karena jenis kotoran/sampah berbeda maka pemilihan pompa ini memerlukan perhatian khusus. Ada beberapa aplikasi yang sering digunakan diantaranya :

2.5.1. Pompa air kotor untuk transfer dari penampung limbah toilet ke proses pengolahan (STP).

Sebelum air hasil pengolahan (sewage treatment plant/STP) dimanfaatkan atau dibuang ketempat pembuangan atau di resapkan ke tanah maka perlu dilakukan proses pengolahan.

Pada bangunan gedung, pengolahan air limbah dari toilet merupakan hal yang penting untuk mencegah penyebaran bakteri coli ke sumber air tanah. Pada proses pengolahan air limbah diperlukan pompa air kotor untuk mentransfer dari tanki penampung ke tanki proses pengolahan. Pompa yang cocok untuk proses ini adalah pompa air kotor dengan tipe impeler chanel atau vortex, dan apabila air kotor bercampur dengan sampah plastik atau bahan elastis maka harus dipilih pompa air kotor yang dilengkapi grinder.

2.5.2. Pompa air kotor untuk transfer dari penampung limbah dapur ke proses pengolahan (STP).

Ukuran limbah dapur tergolong kecil sampai sedang (5mm s/d 25mm) dan terkadang mengandung lemak atau minyak goreng, maka pompa yang sesuai digunakan adalah pompa air kotor yang bodi dan impelernya terbuat dari stainless steel, hal ini untuk mempersulit menempelnya lemak/minyak pada casing dan impeler, sedangkan tipe impeler yang sesuai adalah tipe vortex.

- 2.5.3. Pompa air kotor untuk transfer dari penampung air hujan/ air rembesan ke saluran pembuangan.

Pompa air hujan/ air rembesan ditempatkan di basement atau tempat yang rendah sehingga jika terjadi hujan/rembesan maka tempat tersebut akan tergenang air. Air hujan/air rembesan termasuk kategori air kotor dengan ukuran partikel yang terkandung tergolong kecil (<5mm), sehingga pompa yang sesuai digunakan adalah pompa air kotor dengan tipe impeller semi open ataupun open.

- 2.5.3. Pompa air kotor untuk transfer dari intake ke proses pengolahan bersih (WTP)

Air kotor intake berasal dari air sungai dan akan digunakan sebagai bahan baku air bersih. Air sungai mempunyai sifat keruh yang mengandung partikel pasir/lumpur, maka pompa yang sesuai digunakan adalah pompa celup dengan tipe impeller open.

- 2.5.4. Pompa air kotor untuk transfer dari lubang piling ke tempat pembuangan

Untuk pemasangan pondasi yang kuat biasanya dilakukan penanaman piling dan pada saat proses pengeboran lubang piling ini akan terjadi pemasukan air dari sumber air tanah, maka sebelum dilakukan pengecoran perlu pengurasan air yang masuk pada piling, dan ini diperlukan pompa celup air kotor yang dilengkapi screen pada sisi hisap dan mempunyai tipe impeller enclosed.

- 2.5.5. Pompa air kotor untuk transfer dari empang ikan ke saluran pembuangan

Pada saat akan dilakukan panen ikan perlu pengurasan empang. Air empang dikategorikan

air kotor yang bercampur lumpur dan sampah daun-daunan. Ada dua pilihan untuk menentukan jenis pompa yang akan digunakan yaitu pompa celup dan non celup. Untuk pompa celup yang sesuai adalah pompa celup yang dilengkapi dengan screen pada sisi hisap dengan tipe impeler open, sedangkan untuk tipe non celup adalah pompa dengan tipe impeler mix flow.

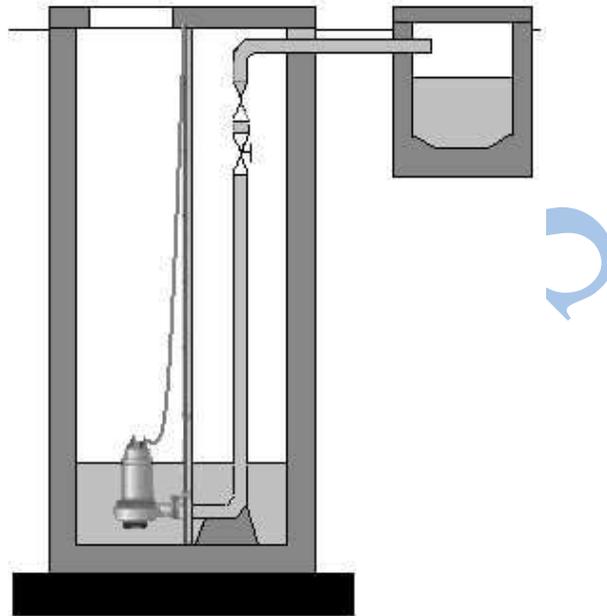
2.5.6. Pompa pengendali banjir dari sungai ke saluran pembuangan

Pompa pengendali banjir digunakan untuk mencegah terjadinya banjir ataupun mencegah meluapnya air sungai, dengan cara mentransfer atau membuang air sungai ke suatu tempat. Karena sepanjang aliran sungai merupakan tempat masyarakat umum dan terbuka maka sampah yang ada disungai sulit diprediksi jenis dan ukurannya sehingga pompa pengendali banjir harus dilengkapi dengan screen/penyaring sampah yang bekerja secara otomatis atau manual. Pompa yang sesuai untuk pengendali banjir adalah pompa dengan kapasitas besar (100 s/d 2500 m³/jam) dengan head yang rendah (<10 meter) dengan tipe impeller axial propeler

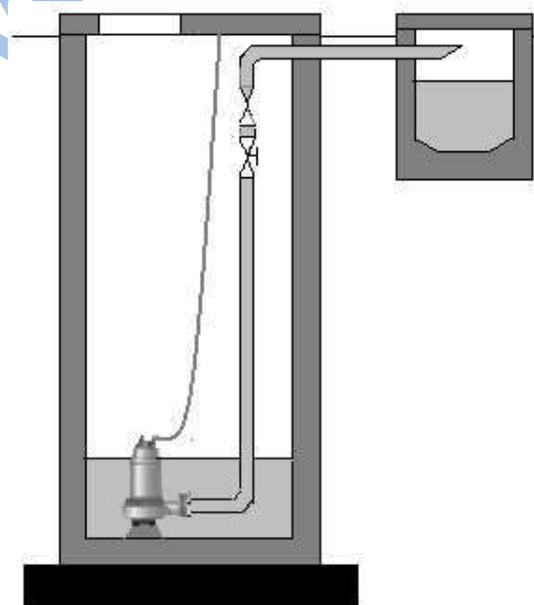
2.5.7. Pompa sirkulator kolam taman, kolam ikan hias dan kolam renang.

Untuk menjaga kejernihan, kebersihan dan kesehatan air kolam taman, kolam ikan hias dan kolam renang diperlukan sirkulasi air yang kontinyu. Untuk sirkulasi ini diperlukan pompa celup yang dilengkapi screen dengan tipe impeler semi open. Sedangkan untuk sirkulasi kolam renang diperlukan pompa khusus non

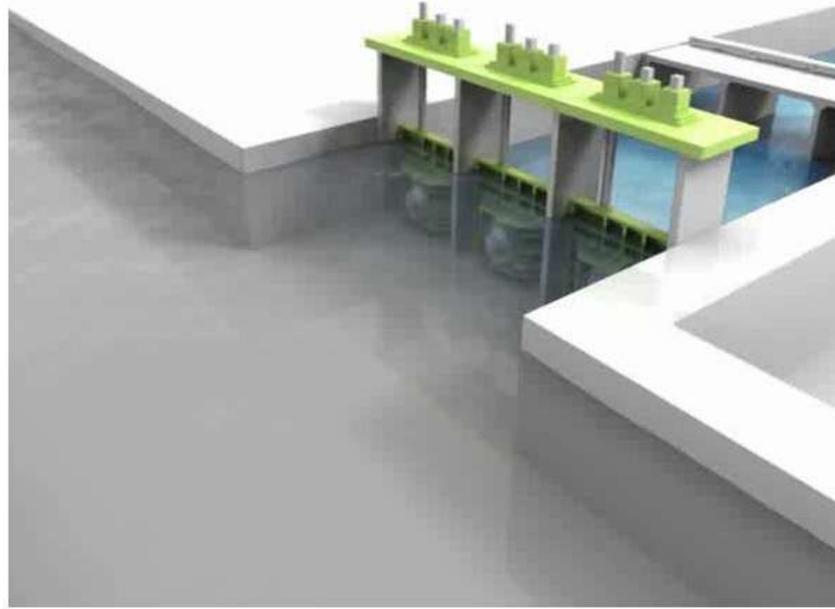
celup yang terkadang sudah dilengkapi dengan filter dan juga proteksi pemutus aliran arus listrik apabila terjadi short dengan air sehingga keselamatan pengguna kolam renang terjamin.



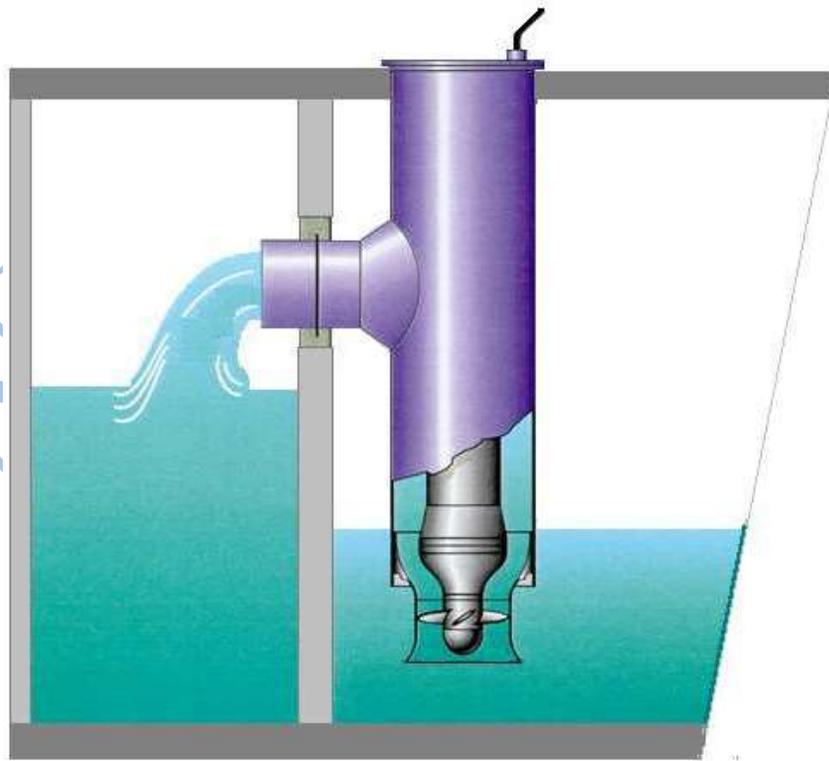
Gbr. 2.5.a. Pompa celup air kotor dengan autocoupling



Gbr. 2.5.a. Pompa celup air kotor tanpa autocoupling



Gbr. 2.5.c. Pompa pengendali banjir (Pump gate)



Gbr. 2.5.d. Pompa pengendali banjir

BAB 3. TIPE DAN KONSTRUKSI POMPA AIR

3.1. Pompa non submersible

Pompa non submersible atau istilah lapangan sering disebut pompa kering adalah pompa air yang posisi peletakan dan pemasangannya di luar air (tidak dicelup di dalam air), atau biasanya diletakan permukaan tanah dengan penguat pondasi.

3.1.1. Pompa end suction

3.1.1.1. Pompa closed coupled - end suction horizontal single stage.

Tipe pompa ini posisinya adalah horizontal dan mempunyai impeller satu unit.

Disebut closed couple karena pengopelan antara motor dengan barepump tanpa menggunakan coupling sehingga jaraknya dekat dan untuk proses pengopelan dilakukan oleh pabrik. Pompa jenis closed couple tidak memerlukan alignment (pelurusan antara shaft motor dan barepump).



Gbr. 3.1.1.1. Pompa closed couple – end suction horizontal single stage.

3.1.1.2. Pompa long couple - end suction horizontal single/multi stage.

Tipe pompa ini posisinya adalah horizontal dan jumlah impeller satu atau lebih.

Disebut long couple karena pengopelan antara motor dan barepump menggunakan coupling sehingga jaraknya agak panjang. Dan proses pengopelan bisa dilakukan oleh bengkel (tidak oleh pabrik), sehingga kemungkinan akurasi alignment (pelurusan antara shaft motor dan barepump) kurang baik.



Gbr. 3.1.1.2. Pompa long couple – end suction horizontal single

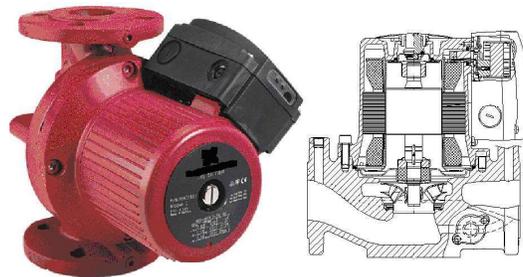
3.1.2. Pompa In-line

Dikarenakan mempunyai sisi hisap dari samping dan keluar disisi samping baliknya (Masuk dari lubang kiri dan keluar lubang sebelah kanan), maka pompa ini disebut tipe in line. Ada dua jenis in line yaitu in-line horizontal dan in-line vertical. Untuk tipe in line horizontal, posisi barepump dan motor berada satu level diatas baseframe, sedangkan untuk in line vertical posisi posisi barepump ada dibawah dan posisi motor ada diatas barepump.

3.1.2.1. Pompa in-line horizontal

3.1.2.1.1. Pompa sirkulator in-line horisontal single stage (canned motor).

Pompa sirkulator dengan canned motor adalah pompa yang antara barepump dan motor menyatu pada satu casing (rumah), sehingga konstruksi motor canned berbeda dengan motor pada umumnya yaitu antara stator dan rotor ada penyekat untuk menghindari supaya air tidak masuk ke stator (gulungan kawat email). Apabila motor canned terbakar sangat sulit atau bahkan tidak bisa digulung ulang.



Gbr. 3.1.2.1. Pompa sirkulator in-line horisontal single stage (canned motor).

3.1.2.1.2. Pompa split casing in-line horizontal single stage

Barepump pompa split casing mempunyai dua bagian yaitu bagian bawah dan atas dan barepump bagian atas ini dapat dibuka sehingga memudahkan untuk melakukan service. Impeler pompa splitcasing menggunakan tipe enclosed impeller.



Gbr. 3.1.2.1.2. Pompa split casing in-line horizontal single stage

3.1.2.2. Pompa in-line vertical

3.1.2.2.1. Pompa in-line vertical multi stage

Bentuk pompa ini adalah berdiri vertical dengan susunan impeller berada dibawah dan motor berada diatas, jadi bentuknya relatif ramping tidak memerlukan tempat yang luas.



Gbr. 3.1.2.2.1 Pompa in-line vertical multisatge

3.1.3. Pompa Booster

Berdasarkan jumlah pompa, ada dua jenis booster yaitu booster dengan satu pompa dan booster dengan beberapa pompa yang dirangkai paralel.

Booster dengan satu pompa terdiri dari pompa dilengkapi dengan pressure switch/ pressure transducer dan diafragma tank. Booster ini beroperasi secara otomatis berdasarkan seting tekanan air.

Booster dengan beberapa pompa terdiri 2 s/d 6 unit pompa yang dirangkai paralel dan di letakan pada satu baseframe, masing-masing pompa dilengkapi dengan satu unit gate valve disisi inlet dan satu unit gate valve & satu unit check valve disisi outlet, masing-masing inlet pompa akan menyatu pada satu pipa header hisap/suction, dan masing-masing outlet pompa akan menyatu pada satu pipa header keluar/discharge. Dilengkapi juga dengan diafragma tank dan panel kontrol lengkap dengan sensornya yang terpasang pada header keluar.

Pompa booster bekerja secara otomatis dengan menggunakan sensor pressure (tekanan air) baik sensor mekanis yang menggunakan pressure switch atau sensor elektrik menggunakan pressure transducer. Jadi jika kran dibuka maka tekanan air di dalam pipa akan turun dan tekanan ini disensor oleh pressure switch/ pressure transducer yang kemudian memerintahkan pompa untuk hidup/on dan jika kran ditutup maka tekanan dipipa akan naik dan tekanan disensor oleh pressure switch/pressure transducer yang kemudian memerintahkan pompa untuk mati/off.

3.1.3.1. Booster pressure switch control

Booster jenis ini menggunakan sensor mekanis yaitu pressure switch yang dipasang pada outlet header dan masing-masing pompa disensor oleh 1 pressure switch. Ukuran diafragma tank relative lebih besar dengan tujuan untuk menjaga supaya start-stop motor tidak berlebihan sehingga umur motor akan lebih tahan lama. Performace tekanan booster jenis ini tidak terlalu constant.



Gbr. 3.1.3.1. Booster pressure switch control dan komponennya.

3.1.3.2. Booster variable speed control

Booster jenis ini menggunakan sensor elektrik yaitu satu unit pressure transducer yang dipasang pada outlet header dan digunakan untuk mensensor semua pompa. Setiap motor pompa yang digunakan untuk booster masing-masing dilengkapi dengan inverter, baik yang built-up terpasang pada motor ataupun menggunakan external inverter yang dipasang pada panel control. Booster variable speed mempunyai performance tekanan yang konstan.



3.1.3.2. Booster variable speed control dan komponennya

3.2. Pompa submersible

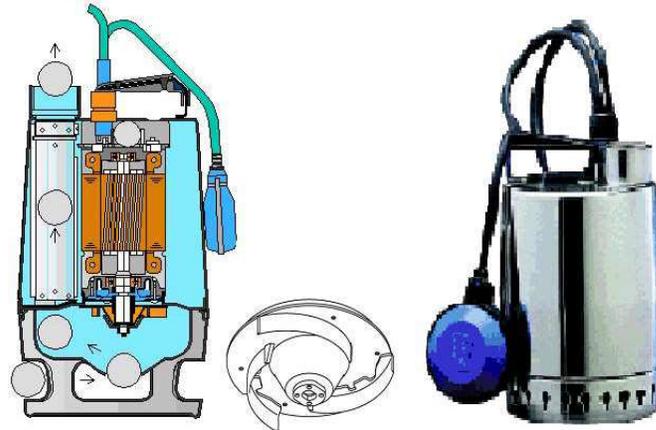
Pompa submersible atau pompa celup yaitu pompa yang semua bagian rumah pompa dan motor tercelup kedalam air. Berdasarkan air yang dipompa ada dua jenis pompa submersible yaitu pompa submersible air kotor (waste water pump) dan pompa submersible air bersih (deep well pump).

3.2.1. Pompa air kotor (wastewater pump)

Dengan bermacam jenis air kotor dan kandungan sampah yang berbeda-beda, baik bahan dan ukurannya, maka sangat mempengaruhi pemilihan jenis pompa yang akan digunakan sehingga kemacetan pada pompa dapat dihindari. Perbedaan dari jenis pompa air kotor ini terutama terletak pada tipe impeler yang dipakai.

3.2.1.1. Pompa celup air kotor dengan semi open/open impeller

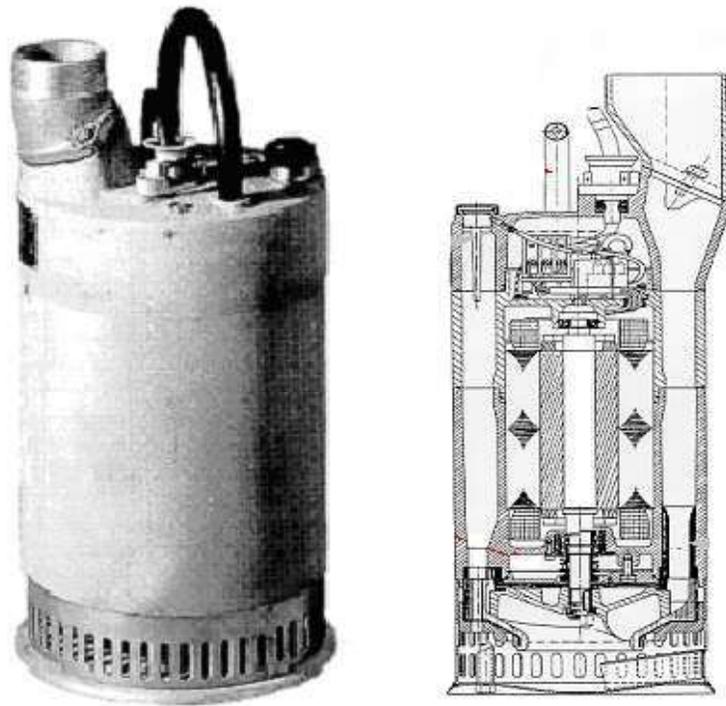
Pompa tipe ini digunakan untuk memompa air kotor yang bercampur sampah dengan ukuran relatif kecil dan tidak keras seperti daun, potongan ranting dsb. sebagai contoh untuk air hujan, air sungai dan air danau.



Gbr. 3.2.1.1. Semi open dan open impeller

3.2.1.2. Pompa celup air kotor dengan enclosed impeller

Pompa tipe enclosed impeller sesuai digunakan untuk memompa air kotor yang bercampur lumpur dan bebas dari kotoran sampah. Pompa jenis ini mempunyai kemampuan head yang relative tinggi, sehingga sering digunakan untuk menguras lubang piling sebelum dicor.



Gbr. 3.2.1.2. Pompa celup air kotor dengan enclosed impeller

3.2.1.3. Pompa celup air kotor dengan semi vortex/vortex impeller

Tipe semi vortex/vortex impeler sesuai digunakan untuk memompa air kotor yang bercampur sampah dengan ukuran sedang ($\leq 5\text{cm}$). Pompa jenis ini sering digunakan untuk memompa air limbah dapur dan limbah toilet rumah pribadi.



Gbr. 3.2.1.3. Pompa celup air kotor tipe Semi vortex/vortex impeller

3.2.1.4. Pompa celup air kotor tipe channel impeller

Tipe channel impeller digunakan untuk memompa air kotor yang bercampur sampah dan benda solid dengan ukuran sedang sampai besar (≤ 15 cm) sehingga pompa jenis ini sesuai digunakan untuk memompa limbah toilet di bangunan komersial (hotel, apartment, dll) atau digunakan pada proses WTP (Water treatment plant).



Gbr. 3.2.1.4. Pompa celup air kotor tipe channel impeller

3.2.1.5. Pompa air kotor dengan cutter impeller

Pompa jenis ini dilengkapi dengan cutter atau grinder yang berfungsi untuk memotong sampah elastis sebelum di pompa, sehingga pompa dengan tipe cutter/grinder impeler sangat cocok digunakan untuk memompa air yang bercampur dengan sampah yang elastik/lunak. Dan pompa jenis ini sering digunakan di hotel untuk memompa limbah toilet, limbah industri konveksi, dll.



Gbr. 3.2.1.5 Pompa air kotor dengan cutter impeller

3.2.1.6. Pompa air kotor dengan axial flow impeller

Tipe impeller jenis ini disebut juga jenis propeller. Dengan kemampuan mengalirkan air secara axial, memungkinkan debit air yang dipompa sangat besar dan dapat dilalui sampah/benda solid yang relative berukuran besar. Pompa jenis ini sering digunakan untuk pengendali banjir.

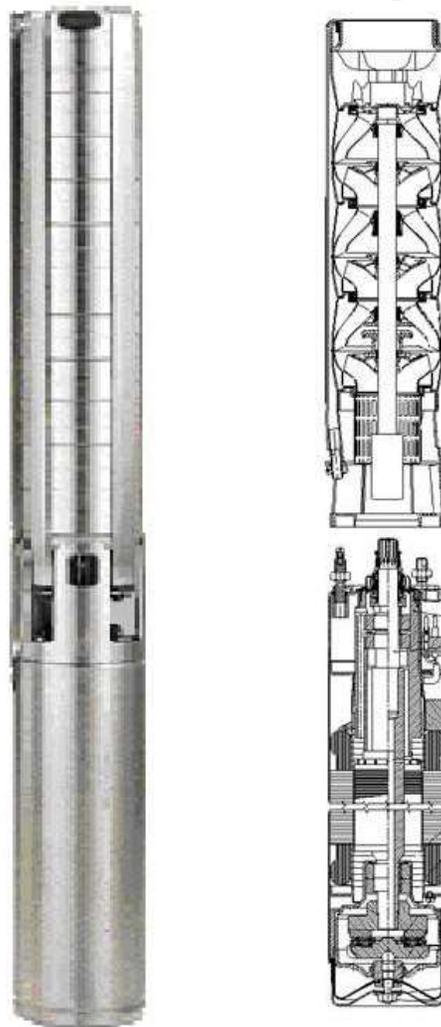


Gbr. 3.2.1.6. Pompa air kotor dengan axial flow impeller

3.2.2. Pompa celup air bersih (deepwell pump)

3.2.2.1. Pompa celup air bersih multi stage impeller

Untuk mendapatkan kemampuan head yang tinggi maka pompa ini menggunakan multi impeller yang disusun seri keatas. Tipe impeler yang digunakan adalah jenis enclosed impeler.



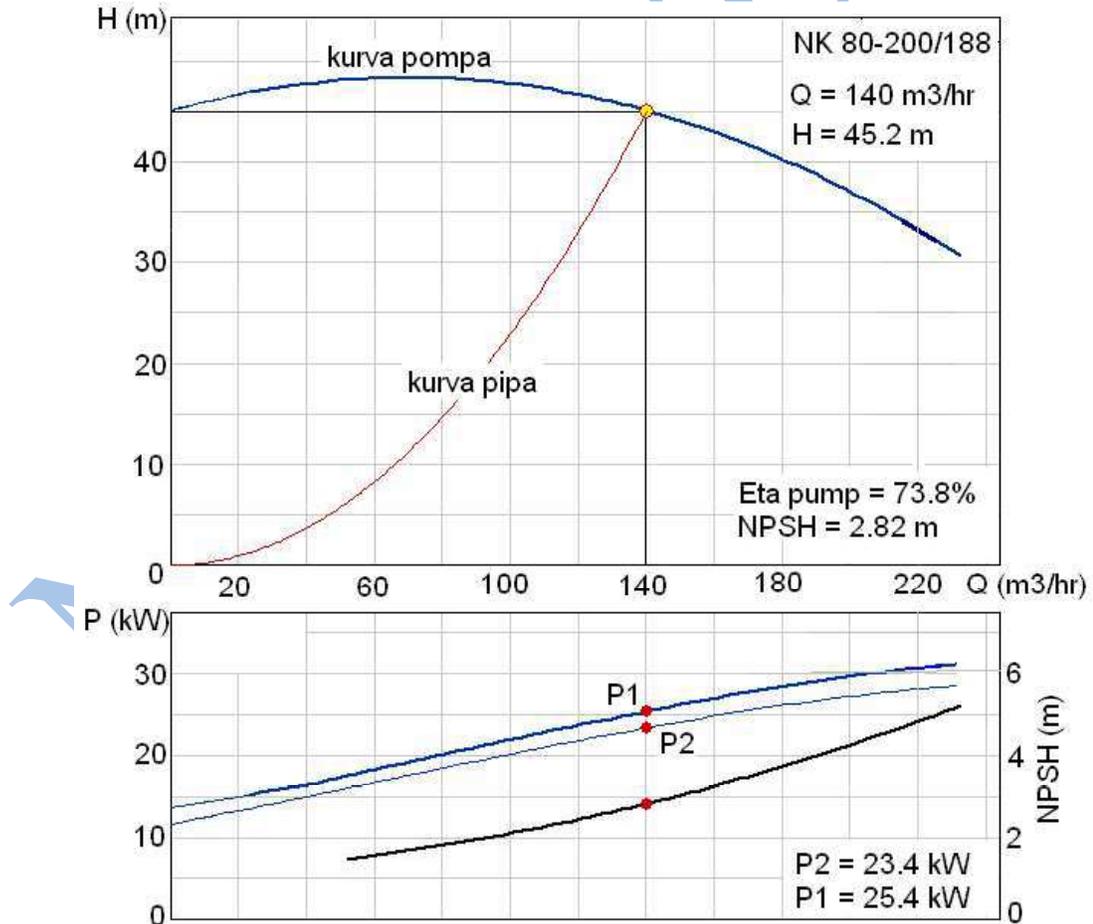
Gbr. 3.2.2.1. Pompa celup air bersih multi stage impeller

BAB 4. TEORI DASAR POMPA & PEMIPAAN

4.1. Kurva pompa & Karakteristik pipa

4.1.1. Kurva pompa

Kurva pompa sangat penting, karena dari kurva tersebut dapat terbaca kemampuan suatu pompa disetiap titik kerja sehingga dapat ditentukan debit, total head, efisiensi, NPSHr, dan daya penggerak yang diperlukan (P_1 maximum).



Gbr 4.1.1. Kurva pompa

4.1.1.1. Debit pompa

Debit atau flow pompa ditentukan sesuai dengan kebutuhan untuk masing-masing aplikasi. Ditinjau dari konstruksi pompa, debit pompa sangat dipengaruhi oleh diameter impeller, semakin besar diameter impeller maka akan semakin besar kemampuan debit pompa. Seperti pada gambar 4.1.1, nilai debit pompa terbaca pada sumbu garis mendatar dengan lambang huruf Q dan biasanya menggunakan satuan m^3/jam , liter/menit (lpm), liter/detik (lps), gallon/menit (gpm) dengan konversi sebagai berikut :

$$1m^3/jam = 1/0,06 lpm = 1/3,6 lps = 1/0,227 gpm.$$

4.1.1 2. Total head

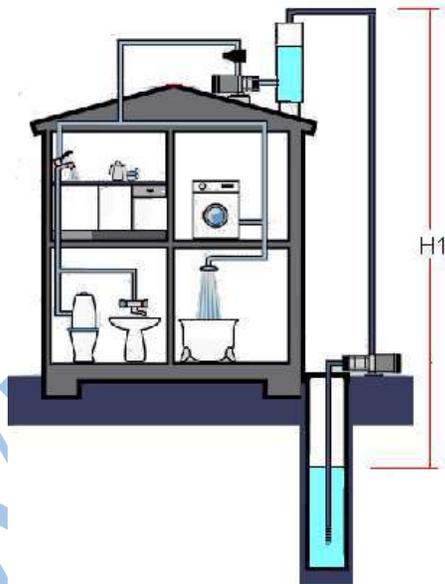
Total head atau pressure pompa ditentukan dari system pemipaan yang digunakan dilapangan. Ditinjau dari konstruksi pompa, besarnya tekanan pompa tergantung dari besar diameter impeller dan banyaknya impeller yang tersusun seri. Semakin besar diameter impeller dan semakin banyak impeler maka akan semakin tinggi tekanan suatu pompa. Seperti pada gambar 4.1.1. nilai total head pompa terbaca pada sumbu garis tegak dengan lambang huruf H dan biasanya menggunakan satuan meter, feet (ft), bar, atm (atmosfir), psig, dengan konversi satuan sebagai berikut :

$$1m(H_2O) = 3,28 feet (H_2O) = 1/10,2 bar = 1,45 psig$$

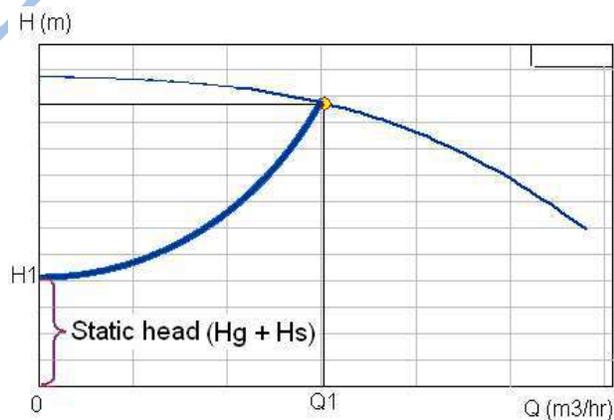
4.1.2. Karakteristik Pipa

4.1.2.1. Pemipaan dengan sistem terbuka

Ilustrasi pemipaan dengan sistem terbuka adalah seperti pada gbr. 4.1.2.1a dan terlihat pada gbr. 4.1.2.1b bahwa titik awal kurva pipa dimulai dari $H_1 = H_g + H_s$ (Statik head = geodetic head + suction head) atau dengan kata lain bahwa pada saat pompa mati/hidup, sistem pipa sudah menerima tekanan sebesar H_1 meter.



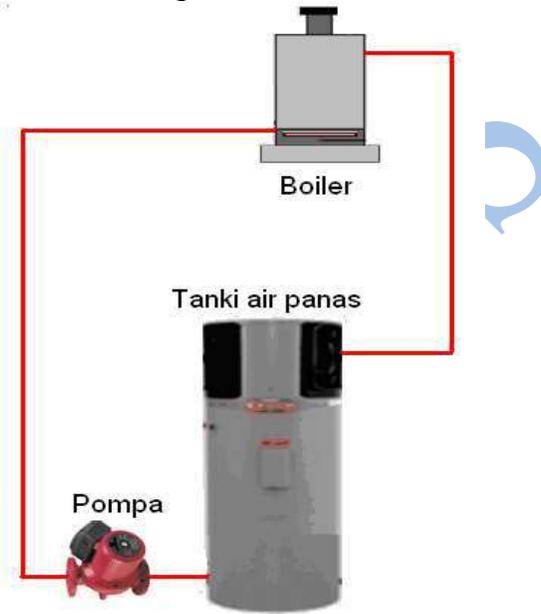
Gbr 4.1.2.1a. Pemipaan dengan sistem terbuka



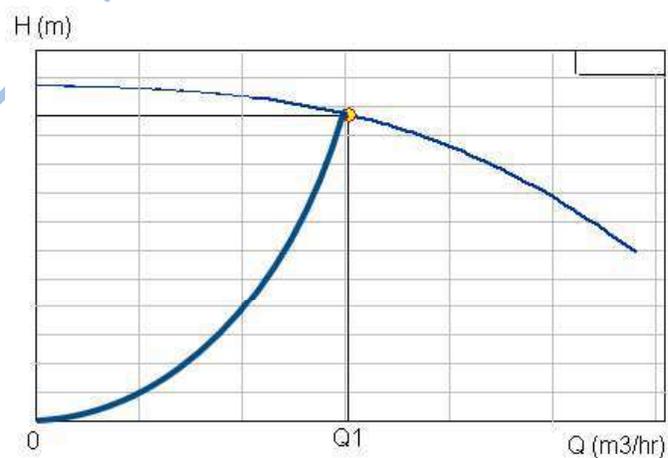
Gbr 4.1.2.1b. Kurva pipa sistem terbuka

4.1.2.2. Sistem tertutup

Ilustrasi sistem tertutup seperti pada gbr. 4.2.2.2a, (sirkulasi air panas dari heater ke tanki penyimpanan), dan pada gbr 4.2.2.2b. adalah kurva pipa sistem tertutup yang menunjukkan tidak ada tekanan pada saat pompa mati/hidup.



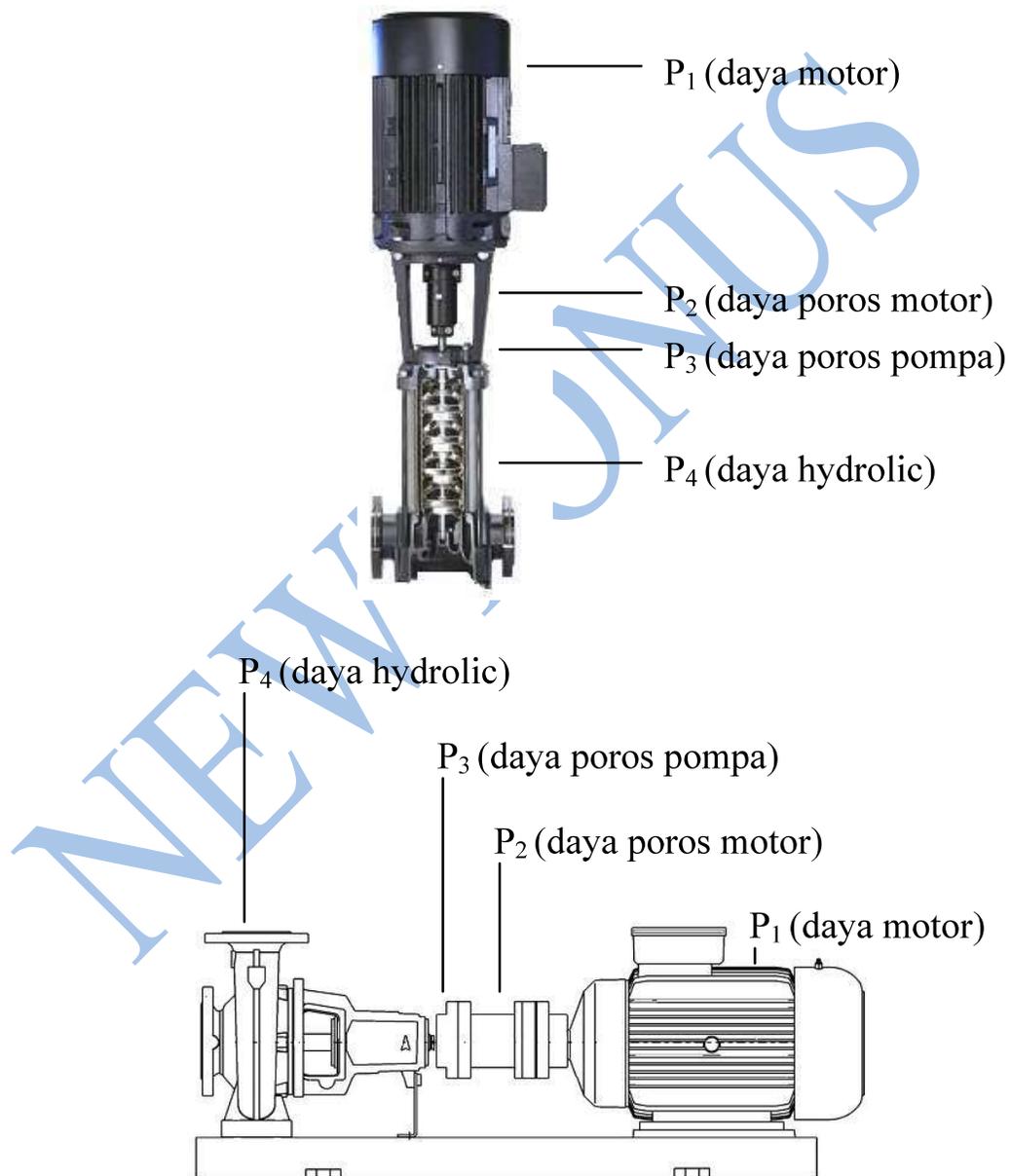
Gbr 4.2.2.2a. Pemipaan sistem tertutup



Gbr 4.2.2.2b. Kurva pipa sistem tertutup

4.2. Daya pompa

Untuk menghindari kesalahan dalam pemilihan daya penggerak pompa (motor listrik & diesel engine), maka perlu diperhatikan daya yang terjadi pada pompa. Daya pompa bedakan menjadi 4 sebagai seperti pada gbr. 4.2.



Gbr 4.2. Daya penggerak pompa

4.2.1. Daya penggerak pompa

Daya penggerak pompa atau sering disebut P_1 (lihat gbr. 4.2.), merupakan daya yang diperlukan untuk menggerakkan pompa. Penggerak pompa dapat berupa motor listrik atau diesel engine. Formulasi P_1 ditulis sebagai berikut :

$$P_1 = P_2 \times \eta_{\text{motor}} \quad \dots\dots \text{ Watt}$$

$$P_2 = P_3 \quad \dots\dots \text{ Watt}$$

dimana :

P_1 : daya penggerak (motor listrik/diesel engine)

P_2 : daya poros penggerak

η_{motor} : efisiensi motor

P_3 : daya poros pompa

4.2.2. Daya hidrolik pompa

Seperti pada gbr. 4.2, daya hidrolik pompa atau P_4 ditulis formulasinya sebagai berikut :

$$P_3 = P_4 \times \eta_{\text{pompa}} \quad \dots\dots \text{ Watt}$$

$$P_4 = \rho \times g \times H \times Q \quad \dots\dots \text{ Watt}$$

dimana :

P_3 : daya poros pompa

P_4 : daya hidrolik pompa

η_{pompa} : efisiensi pompa

ρ : berat jenis air : 1000 kg/m³

g : percepatan gravitasi : 9,8 m/sec²

H : total head pompa : meter

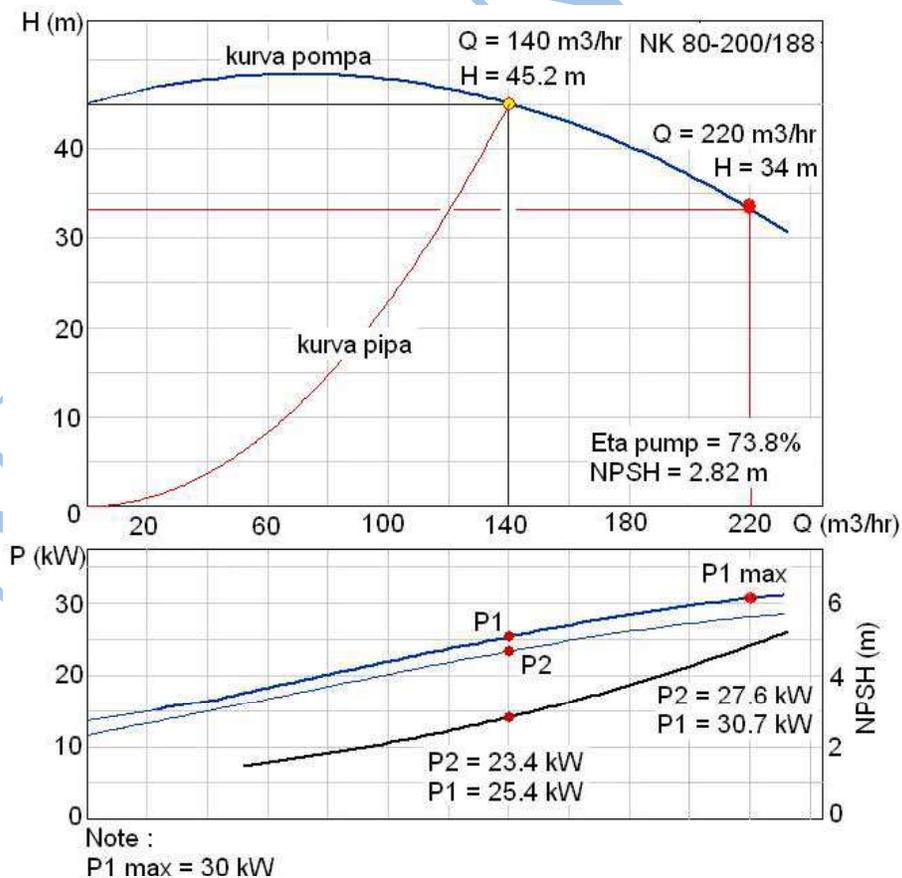
Q : kapasitas pompa : m³/jam

4.2.3 Daya penggerak pompa maximum (P_1 max.)

Untuk menentukan besarnya daya penggerak pompa (motor listrik/ diesel engine) harus dipilih daya maximum (P_1 max.), yaitu daya yang ditentukan pada titik kerja kurva Q & H paling

kanan (lihat gbr. 4.2.1), hal ini untuk mencegah terjadinya overload daya penggerak atau mencegah berkurangnya pressure pada pipa karena adanya throttle/cekikan yang berlebihan. Pemilihan daya pompa P_1 max. harus disesuaikan dengan standart daya penggerak motor listrik atau diesel engine yang ada dipasaran.

Seperti contoh kurva dibawah, bahwa pada titik kerja pompa pada 140 m³/jam @ 45.2 meter terpilih daya $P_1 = 25,4$ kW, akan tetapi daya yang harus digunakan adalah daya pada titik kerja Q_{max} yaitu titik kerja pada kurva sebelah kanan, sehingga penggerak yang digunakan adalah motor listrik dengan daya $P_1 = 30$ kW.



Gbr 4.2.1. Kurva daya penggerak pompa (P_1 max)

4.3. Shaft seal

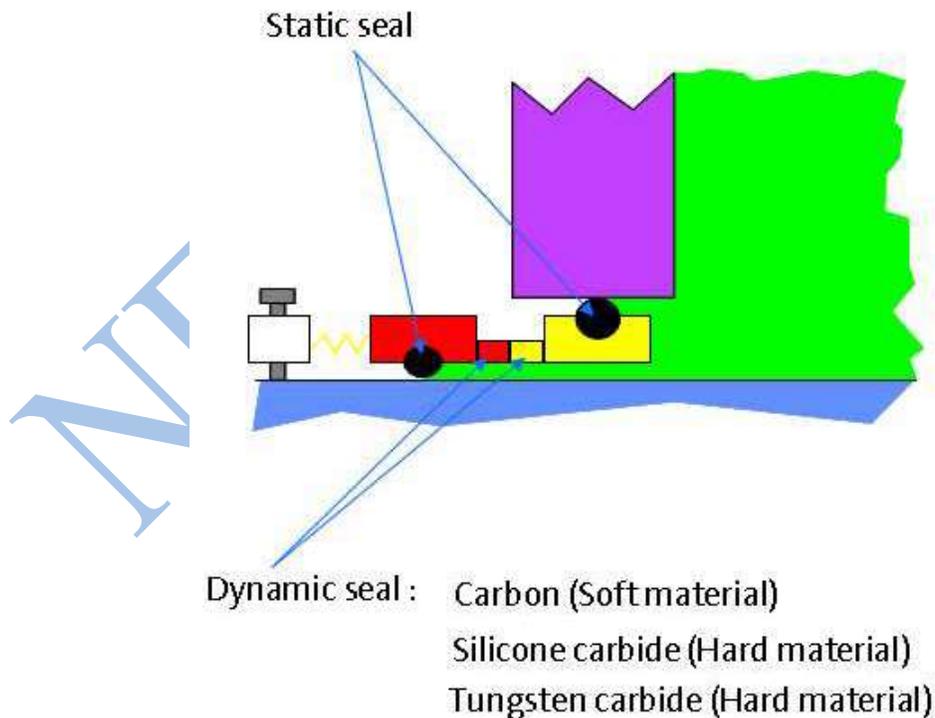
Fungsi utama dari shaft seal adalah mencegah terjadinya kebocoran air melalui poros pompa pada saat pompa hidup/mati.

4.3.1. Mechanical shaft seal

Mechanical shaft seal mempunyai tiga komponen utama yaitu :

1. Komponen statik (tidak berputar) yang material terbuat dari karet
2. Komponen dinamik yang materialnya terbuat dari carbon, ceramic, silicone carbide atau tungsten carbide
3. Komponen penekan yaitu berupa spring

Ada dua macam mechanical shaft seal yaitu cartridge seal (built up) dan tradisional seal (terurai)

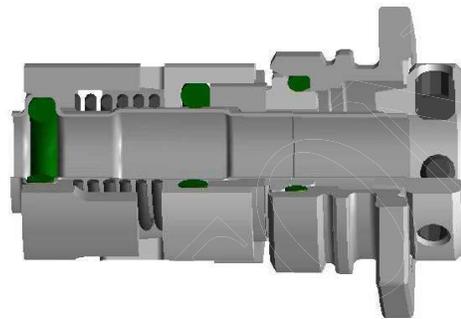


Gbr. 4.3.1. Konstruksi mechanical seal

4.3.1.1. Cartridge seal

Cartridge seal merupakan mechanical seal yang semua komponennya sudah dirakit oleh pabrik (built-up) dan berbentuk compact.

Kelebihan dari cartridge seal adalah mudah untuk menggantinya jika terjadi kerusakan karena mencopot dan memasangnya dapat dilakukan dari luar pompa. Sedangkan kekurangannya adalah tidak bisa dilakukan penggantian perkomponen sehingga harga beli cartridge ini relative lebih mahal..



Cartridge seal

Gbr. 4.3.1.1. Cartridge seal

4.3.1.2. Tradisional seal

Tradisional seal merupakan jenis mechanical seal yang komponen-komponennya terurai satu dengan lainnya.

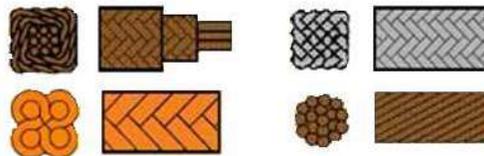
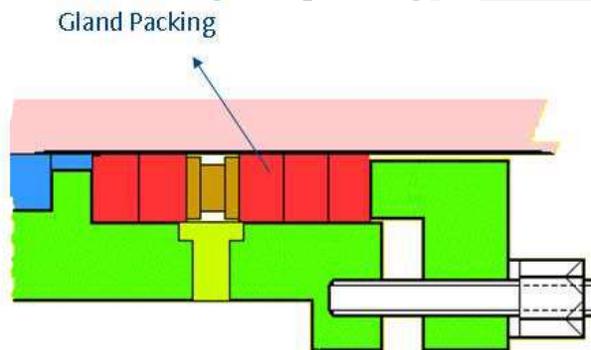
Kelebihan mechanical seal jenis ini adalah jika terjadi kerusakan dari salah satu komponen maka hanya komponen tsb yang diganti sehingga harganya relative murah. Sedangkan kekurangannya adalah jika terjadi kerusakan maka perlu waktu lama untuk penggantian mechanical seal, karena untuk mencopot mechanical seal harus membongkar rumah pompa dan impeller.



Gbr. 4.3.1.2 Tradisional seal

4.3.2. Gland packing

Shaft seal jenis ini sangat sederhana sekali yaitu materialnya terbuat dari asbestos, graphite ataupun acrylic dan pemasangannya cukup dililitkan pada poros pompa, sehingga pompa yang menggunakan gland packing akan mengalami kebocoran/rembesan air terus menerus. Keuntungan dari gland packing yaitu harganya murah, sedangkan kerugiannya yaitu air akan selalu bocor/keluar melalui gland packing.



Gbr. 4.3.2. Gland packing

4.4. Rangkaian pompa

4.4.1. Rangkaian pompa Seri

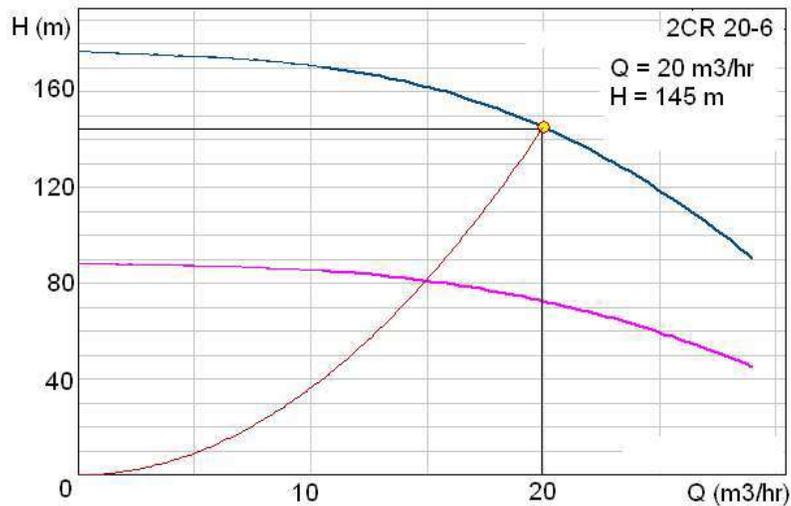
Tujuan pompa dipasang secara seri adalah untuk meningkatkan tekanan pada jaringan pipa. Syarat utama jika pompa akan dipasang seri adalah pompa-pompa tsb. minimal harus mempunyai kapasitas/debit yang sama ($Q_1 = Q_2 = Q_3$ dst). sedangkan tekanan pompa diijinkan bervariasi. Jadi hasil pompa yang dipasang seri adalah sebagai berikut,

$$Q_{\text{seri}} = Q_1 = Q_2 = Q_3 \text{ dst dan}$$
$$H_{\text{seri}} = H_1 + H_2 + H_3 \text{ dst}$$



Gbr. 4.4.1a. Rangkaian pompa seri

$$H_{tot} = 72.5 + 72.5 = 145 \text{ m}$$



Gbr. 4.4.1b. Kurva pompa seri

4.4.2. Rangkaian pompa Paralel

Tujuan dari pompa yang dipasang secara paralel adalah untuk menambah kapasitas/debit air dan untuk menghemat listrik dengan mengatur hidup/mati pompa sesuai dengan debit air yang diperlukan.

Syarat utama jika pompa akan dipasang paralel adalah semua pompa harus mempunyai tekanan yang sama ($H_1 = H_2 = H_3$ dst), sedangkan kapasitas pompa bisa bervariasi. Jadi hasil pompa yang dipasang secara paralel adalah sebagai berikut,

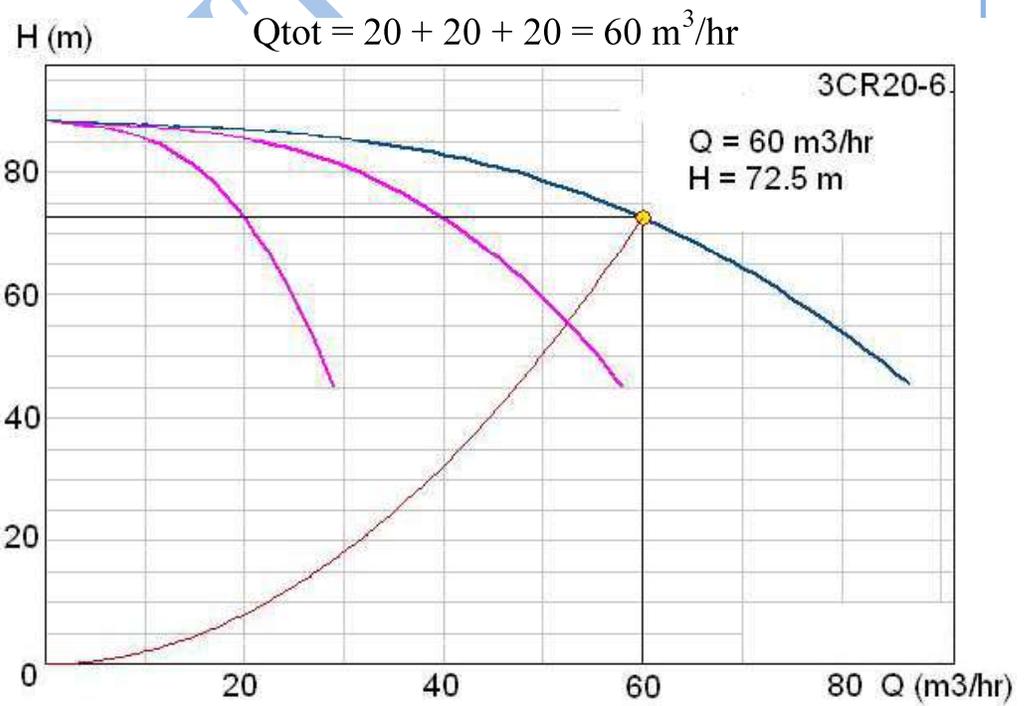
$$Q_{\text{paralel}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 \text{ dst dan}$$

$$H_{\text{paralel}} = H_1 = H_2 = H_3 \text{ dst}$$

Rangkaian pompa paralel sering digunakan untuk aplikasi sistem pompa booster, yang tujuan utama sistem pompa booster adalah melayani kebutuhan debit air yang bervariasi untuk setiap waktu, sehingga pompa-pompa akan hidup/mati sesuai dengan debit air yang diperlukan dan hal ini berarti pemakaian listrik dapat dihemat.



Gbr. 4.2.2a. Pompa paralel



Gbr. 4.2.2b. Kurva pompa paralel

4.5 Total head pompa

Yang dimaksud total head pompa adalah kemampuan tekanan maximum pada titik kerja pompa, sehingga pompa tersebut mampu mengalirkan air dari satu tempat ke tempat lainnya. Beberapa parameter yang diperlukan untuk menentukan total head pompa diantaranya yaitu friction loss pipa, friction loss fitting & valve, pressure drop peralatan mechanical, dan geodetic head.

4.5.1. Friction loss pipa

Friction loss pipa terjadi karena disebabkan gesekan antara air dengan permukaan dalam pipa, sehingga menimbulkan gaya gesek dan gaya gesek inilah yang menyebabkan hambatan pada tekanan pompa. Besarnya friction loss pipa tergantung dari jenis material, diameter, dan panjang pipa.

Dengan menggunakan pendekatan metode Hazen William maka formulasi untuk menentukan besarnya friction loss adalah sebagai berikut,

$$H_f \text{ pipe} = h_L \times L_{\text{pipe}} \quad \dots\dots \text{ m}$$

$$h_L = \left(\frac{3,35 \times 10^6 \times Q^{1,852}}{d^{2,63} \times C} \right) \quad \dots\dots \text{ m/100m}$$

dimana :

- H_f : friction loss pipa meter
- L_{pipe} : panjang pipa meter
- h_L : head loss pipa meter/100meter
- Q : debit pompa liter/detik
- d : diameter dalam pipa mm
- C : Hazen William constanta

Tabel nilai C untuk inlet diameter pipa min & max

No	Material pipa	Inlet dia. mm	Nilai C
1	Stainless steel	26.6	130
		303.3	142
2	Galvanized pipe	27.3	116
		155.3	129
3	Steel pipe sch 40	26.6	130
		303.3	142
4	Copper	23.0	141
		223.3	146
5	Ductile cast iron uncoated K12	81.5	118
		326.2	126
6	Polyethilene class 6	21.7	140
		278.0	140
7	PVC class 15	29.0	142
		138.7	151

4.5.2 Friction fitting & valve

Friction loss fitting & valve yaitu gaya gesek yang disebabkan karena gesekan antara air dengan fitting & valve (elbow, tee, check valve, butterfly valve, globe valve, dll), dan gaya gesek ini menyebabkan hambatan tekanan pompa. Besarnya friction loss ini tergantung dari diameter, tipe, dan jumlah fitting & valve.

Dengan menggunakan pendekatan metode Hazen William maka formulasi untuk menentukan besarnya friction loss adalah sebagai berikut,

$$H_f \text{ fitting} = (h_{f1} \times \text{juml fitting}) + (h_{f2} \times \text{juml fitting})$$

dimana :

$H_f \text{ fitting}$: Jumlah total friction loss pipa m

h_{f1} : friction loss fitting dg dia. (x) mm m

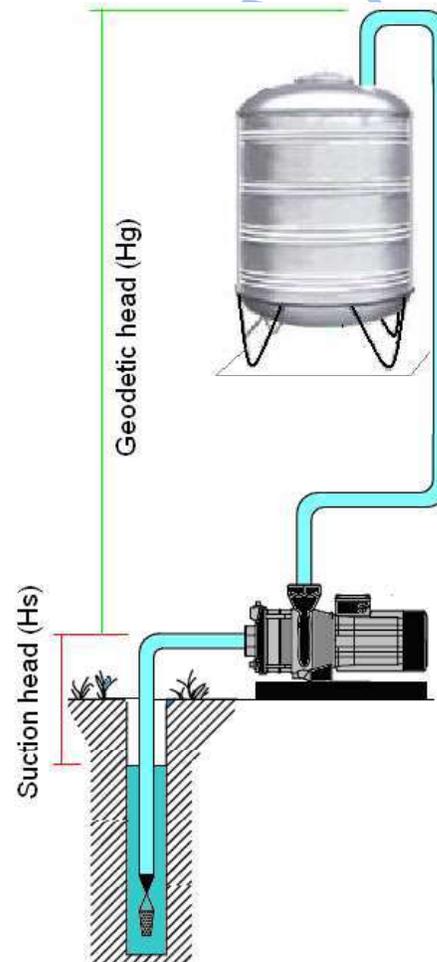
h_{f2} : friction loss fitting dg dia. (y) mm m

4.5.3 Pressure drop peralatan mechanical

Peralatan mechanical yang biasa digunakan pada sistem pompa dan pemipaan adalah seperti Y strainer, filter air, air handling unit (AHU), chiller, tanki air panas, dll. Masing-masing dari peralatan tsb. sudah ditentukan nilai pressure dropnya oleh pabrik pembuat yaitu antara 1m s/d 15m.

4.5.4 Geodetic head (Hg)

Geodetic head adalah ketinggian vertical dari titik tertinggi pipa suction ke titik tertinggi pipa discharge. Geodetic head merupakan parameter penting dan nilainya pasti sehingga tidak boleh diperkirakan.

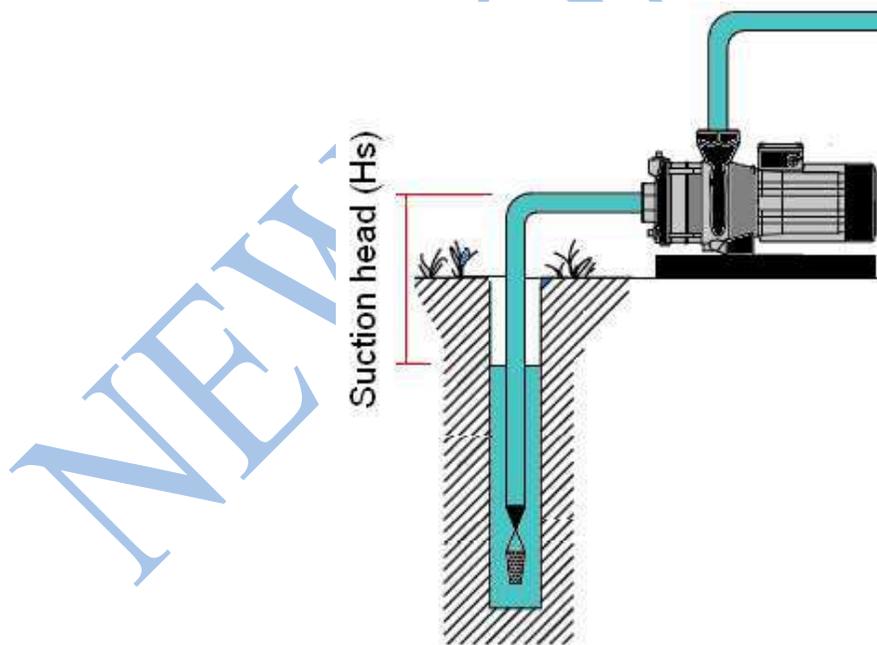


Gbr. 4.5.4. Geodetic head

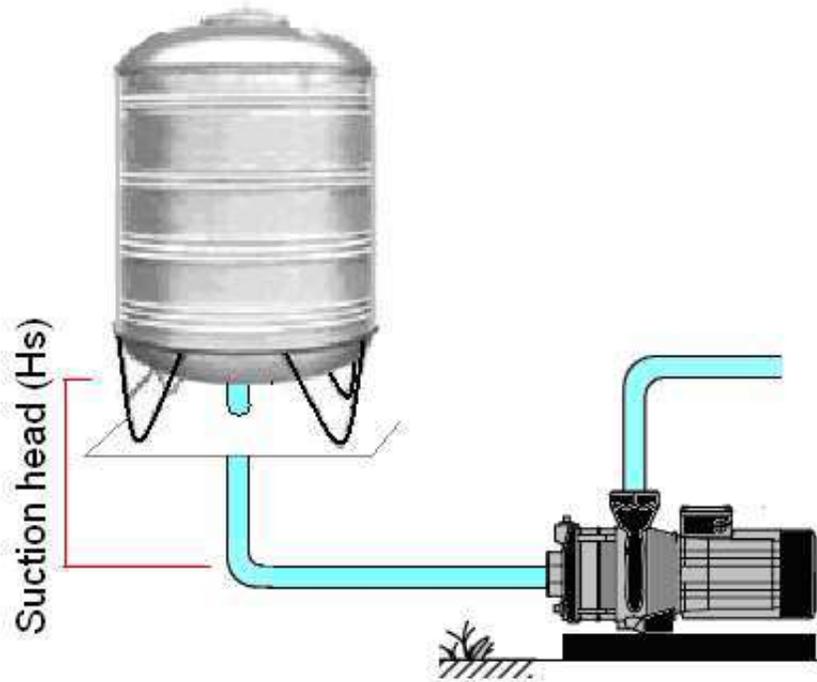
4.5.5. Suction head (H_s)

Suction head adalah ketinggian hisap pompa dari level air ke titik tertinggi pipa suction. Ketinggian hisap pompa ditentukan berdasarkan kemampuan hisap maximal suatu pompa yaitu ketinggian hisap dengan memperhatikan bahwa tidak akan terjadi kavitasi pada pompa tsb. Suction head ada 2 macam yaitu negative suction dan positif suction.

Negative suction (Gbr. 4.5.5a.) yaitu jika level air berada dibawah pompa, dan positif suction (Gbr. 4.5.5b.) yaitu jika level air berada diatas pompa.



Gbr. 4.5.5a. Negatif suction



Gbr. 4.5.5b. Positif suction

4.5.6. Diameter pipa & velocity

Diameter pipa & velocity merupakan 2 parameter yang tidak terpisahkan dan formulasinya dapat ditulis sebagai berikut :

$$Q = V \times A \quad A = (\pi d^2)/4$$

dimana :

- Q : debit pompa m³/jam
- V : kecepatan air m/s
- A : luas penampang lubang pipa mm²
- d : diameter dalam pipa mm
- π : 3,14

Tidak ada batasan yang pasti untuk menentukan velocity, akan tetapi untuk mendapatkan Total Head pompa yang optimal maka batasan velocity yang ideal adalah 0,9m/s – 2m/s.

4.5.7. Menentukan total head

Formulasi total head dapat dituliskan sebagai berikut :

$$H_{tot} = H_f \text{ pipe} + H_f \text{ fitting} + H_{pd} + H_{sf} + H_g + H_s$$

dimana :

- $H_f \text{ pipe}$: friction loss pipa
- $H_f \text{ fitting}$: friction loss pipa & valve
- H_{pd} : pressure drop peralatan
- H_{sf} : safety factor
- H_g : geodetic head
- H_s : suction/riser head

4.6. Tinggi hisap maximum, Kavitasi & NPSH

Batas tinggi hisap maximum suatu pompa perlu diperhatikan terutama saat tahap perencanaan, karena jika pompa bekerja diatas ketinggian hisapnya maka pompa tidak bisa menghisap air atau mampu menghisap akan tetapi terjadi kavitasi sehingga performance pompa turun. Ada beberapa parameter yang penting berkaitan dengan kemampuan hisap yaitu, NPSH_r , NPSH_a.

4.6.1. NPSH_r

NPSH_r atau NPSH_{required} (Net Positive Suction Head required) adalah pressure pompa pada sisi hisap yang bernilai positif dan bersifat menghambat kemampuan hisap pompa. Nilai NPSH_r ditentukan oleh pabrik berdasarkan design pompa (impeller, volute, dll) sehingga data nilai NPSH_r bisa didapat dari kurva pada katalog pompa.

Untuk menentukan NPSH_r sebaiknya tidak ditentukan pada titik kerja pompa, akan tetapi ditentukan pada titik kerja Q_{max} yaitu titik kerja pada kurva paling kanan, hal ini untuk memberikan factor keamanan yang cukup.

4.6.3. Kavitas

Kavitas adalah terjadinya gelembung-gelembung udara pada sisi hisap pompa yang disebabkan beberapa factor yaitu kedalaman hisap terlalu tinggi, diameter pipa hisap terlalu kecil, suhu air terlalu panas, penggunaan pompa didaerah yang terlalu tinggi (dipegunungan).

Kavitas bisa menimbulkan kerusakan pada pompa terutama impeller dan rumah pompa sehingga menyebabkan performance pompa (Q & H) turun drastis.

Syarat supaya pompa tidak terjadi kavitas maka harus memenuhi ketentuan sebagai berikut,

$$NPSHr < NPSHa$$

dimana :

NPSHr : nilai NPSH dari data pompa mtr

NPSHa : nilai NPSH hasil perhitungan mtr

Jadi nilai NPSHa ditentukan untuk memberikan batasan/persyaratan nilai NPSHr maximum yang dimiliki suatu pompa.

Jika pada system pompa terjadi kavitas, maka ada beberapa metode untuk mencegah kavitas adalah sebagai berikut :

- Ketinggian hisap diperpendek atau dirubah menjadi positif suction.
- Diameter pipa hisap diperbesar.
- Temperatur air diturunkan.
- Menggunakan pompa dengan NPSHr yang kecil.

4.6.4. Tinggi hisap maximum

Kemampuan tinggi hisap maximum suatu pompa dapat ditentukan, setelah data NPSHr dan data-data lainnya diketahui. Untuk menentukan tinggi hisap maximum ini harus dipertimbangkan tidak akan terjadi kavitasi pada pompa. Formulasi untuk menentukan tinggi hisap maximum adalah sebagai berikut :

$$Hs.max = Hb - Hf - Hv - Hsf - NPSHa$$

$$NPSHa = NPSHr$$

dimana :

Hs.max	: tinggi hisap maximum	.... mtr
Hb	: barometric head	10,2 mtr
Hf	: friction loss pipa	.... mtr
	friction loss fitting & valve	.... mtr
	pressure drop peralatan	.... mtr
Hv	: vapour head (dari table)	.... mtr
Hsf	: safety factor head	0,5 mtr
Hs	: suct head/tinggi hisap max	.... mtr

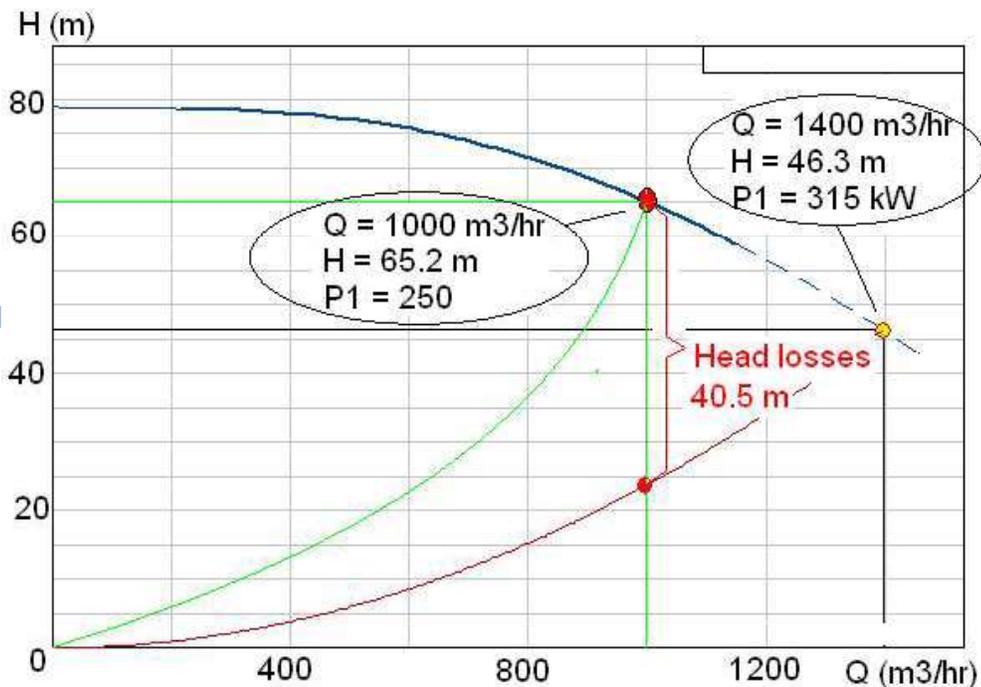
BAB 5. PENGATURAN FLOW (Q) & HEAD (H) POMPA

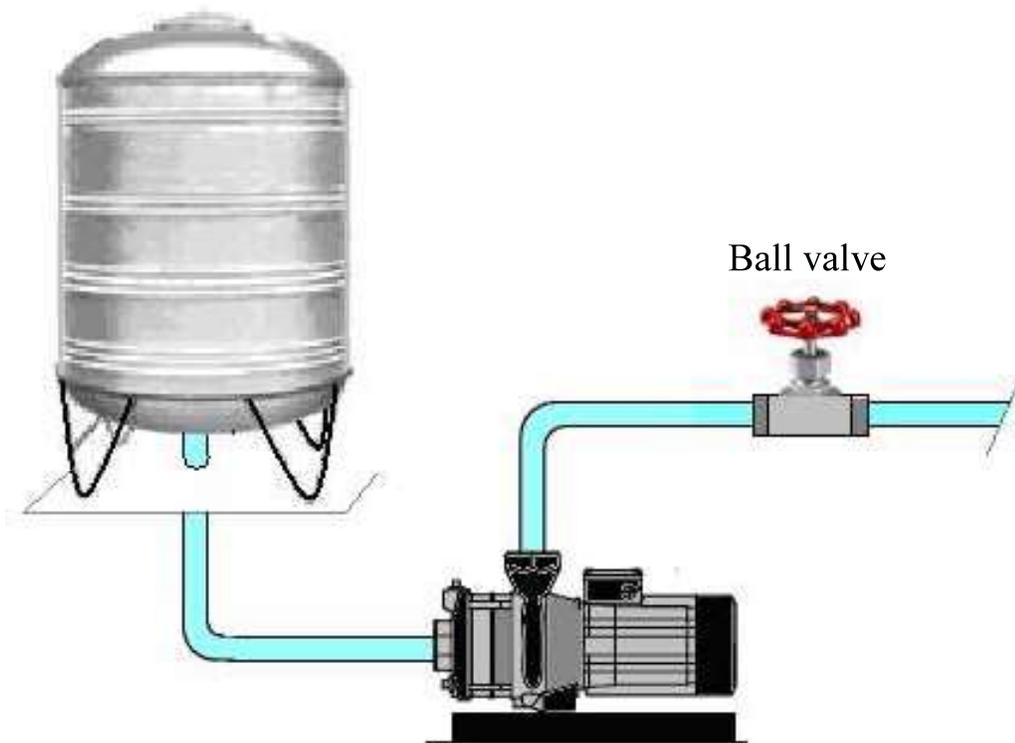
Pengaturan flow (Q) & head (H) suatu pompa diperlukan jika pompa yang tersedia disesuaikan dengan kebutuhan operasional dilapangan/dipabrik. Meskipun pengaturan Q/H tersebut dimungkinkan tetapi akan berpengaruh terhadap performance pompa.

Ada 3 cara untuk melakukan pengaturan pompa yaitu, dicekik/dithrotle, pemotongan impeller dan menggunakan variable speed control.

5.1. Di cekik (throttle)

Pengaturan pompa dengan cara dicekik mengakibatkan debit (Q) pompa turun dan tekanan (H) pompa naik, sehingga daya motor menjadi turun, sedangkan pada system pipa sebelum ball valve terjadi kenaikan tekanan dan setelah ball valve terjadi penurunan tekanan.





Gbr. 5.1. Kurva dan system pemipaan pada saat dicekik

5.2. Pemotongan impeller

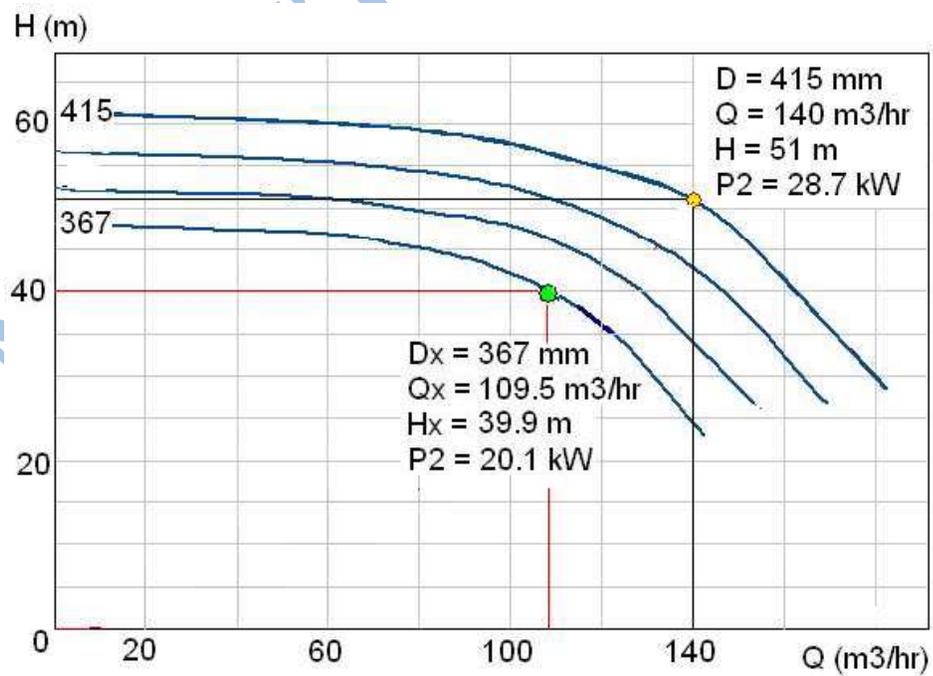
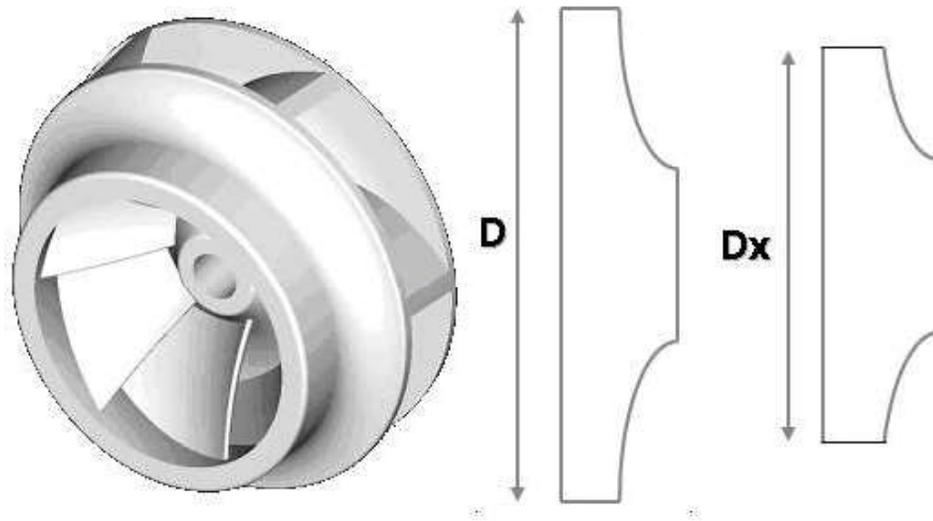
Pengaturan pompa dengan memotong impeller akan mengakibatkan turunnya flow (Q) dan tekanan (H) pompa. Formulasi untuk menentukan diameter impeller adalah sebagai berikut :

$$Q_x/Q = (D_x/D)^2$$

$$H_x/H = (D_x/D)^2$$

dimana :

Q_x : flow setelah impeller dipotong	m^3/jam
Q : flow sebelum impeler dipotong	m^3/jam
D_x : diameter impeller setelah dipotong	mm
D : diameter impeller sebelum dipotong	mm



Gbr. 5.2. Pemotongan impeller

5.3. Motor listrik dengan variable speed

Pengaturan pompa dengan motor listrik yang menggunakan variable speed merupakan pengaturan pompa secara elektronik dengan menurunkan/ menaikkan kecepatan putaran motor, sehingga Q & H yang diinginkan dapat dicapai. Pengaturan motor pompa dengan variable speed akan menghemat pemakaian listrik yang sangat besar. Formula yang berkaitan dengan pengaturan kecepatan putaran motor listrik adalah sebagai berikut :

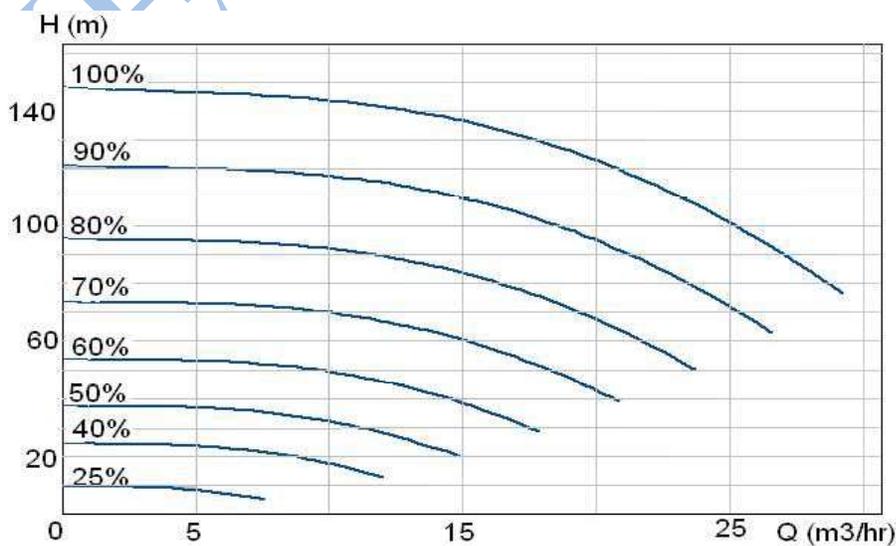
$$(Q_x/Q) = (n_x/n)$$

$$(H_x/H) = (n_x/n)^2$$

$$(P_x/P) = (n_x/n)^3$$

dimana :

Q _x : flow pada putaran baru	.... m ³ /jam
Q : flow pada putaran max	.... m ³ /jam
H _x : head pada putaran baru	.... mtr
H : head pada putaran max	.... mtr
n _x : putaran baru	.... rpm
n : putaran max	.... rpm
P _x : daya listrik pada putaran baru	.... kW
P : daya listrik pada putaran max	.... kW





No	% Rpm	Rpm	Q m3/hr	H m	P 2 kW	Saving
1	100%	2924	20	123	9.1	0%
2	90%	2632	18	102	6.7	27%
3	80%	2339	16	82.3	4.7	49%
4	70%	2047	13.6	62.8	3.1	66%
5	60%	1754	12	43.8	2.0	78%
6	50%	1462	10	32	1.1	88%
7	40%	1170	7.8	21.2	0.6	94%
8	25%	731	4.7	8.5	0.1	96%

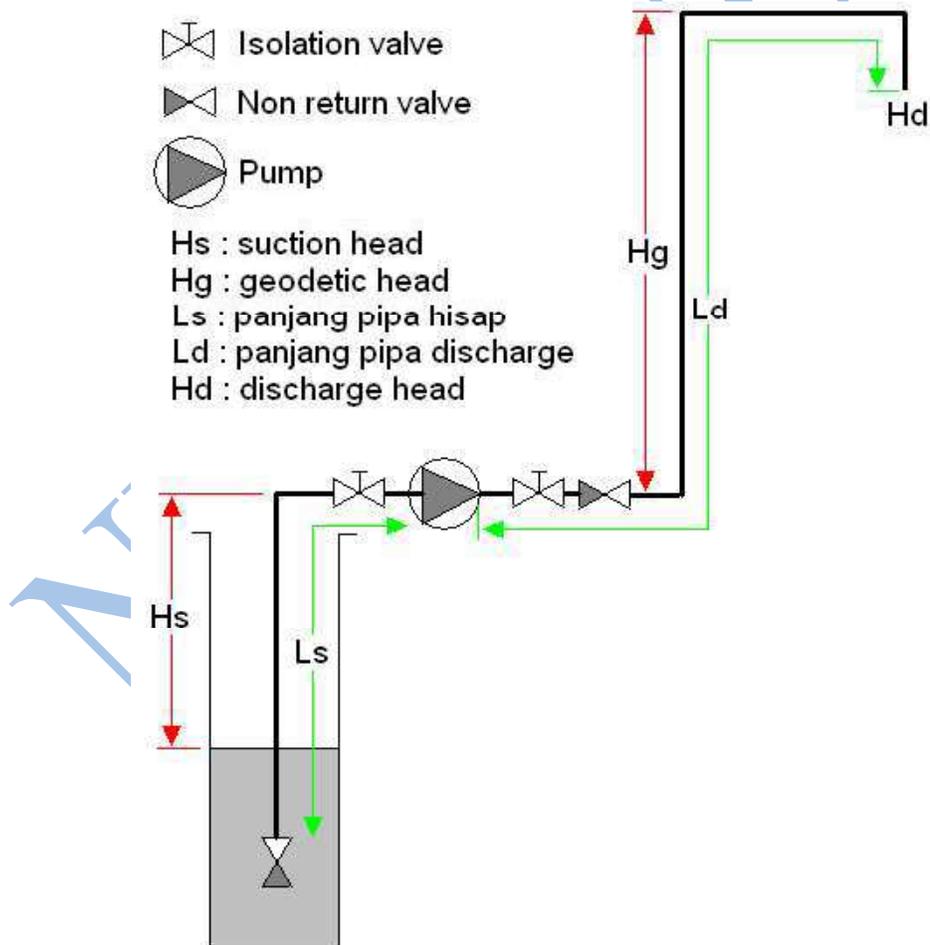
Gbr. 5.3. Tabel perbandingan efisiensi listrik

BAB 6. INSTALASI SISTEM PEMIPAAN

Instalasi atau pemasangan system pemipaan berpengaruh untuk memilih dan menentukan pompa & pipa yang akan digunakan. Dengan mengetahui system pemipaan maka total head & NPSHr max pompa, diameter & jenis pipa dapat ditentukan.

6.1. Negatif suction dengan positif geodetic

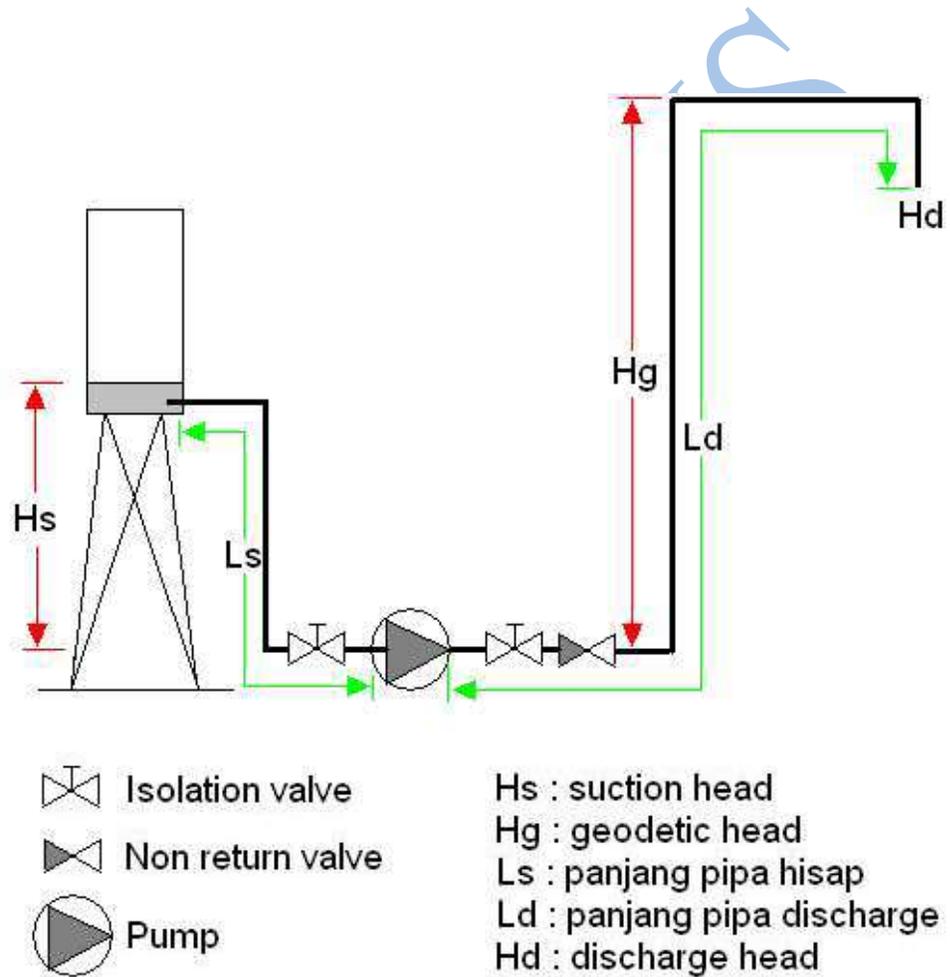
Negatif suction dengan positif geodetic yaitu level air dan pipa hisap berada dibawah pompa, sedangkan posisi pipa discharge berada diatas pompa



Gbr. 6.1. Negative suction dengan positif discharge

6.2. Positif suction dengan positif geodetic

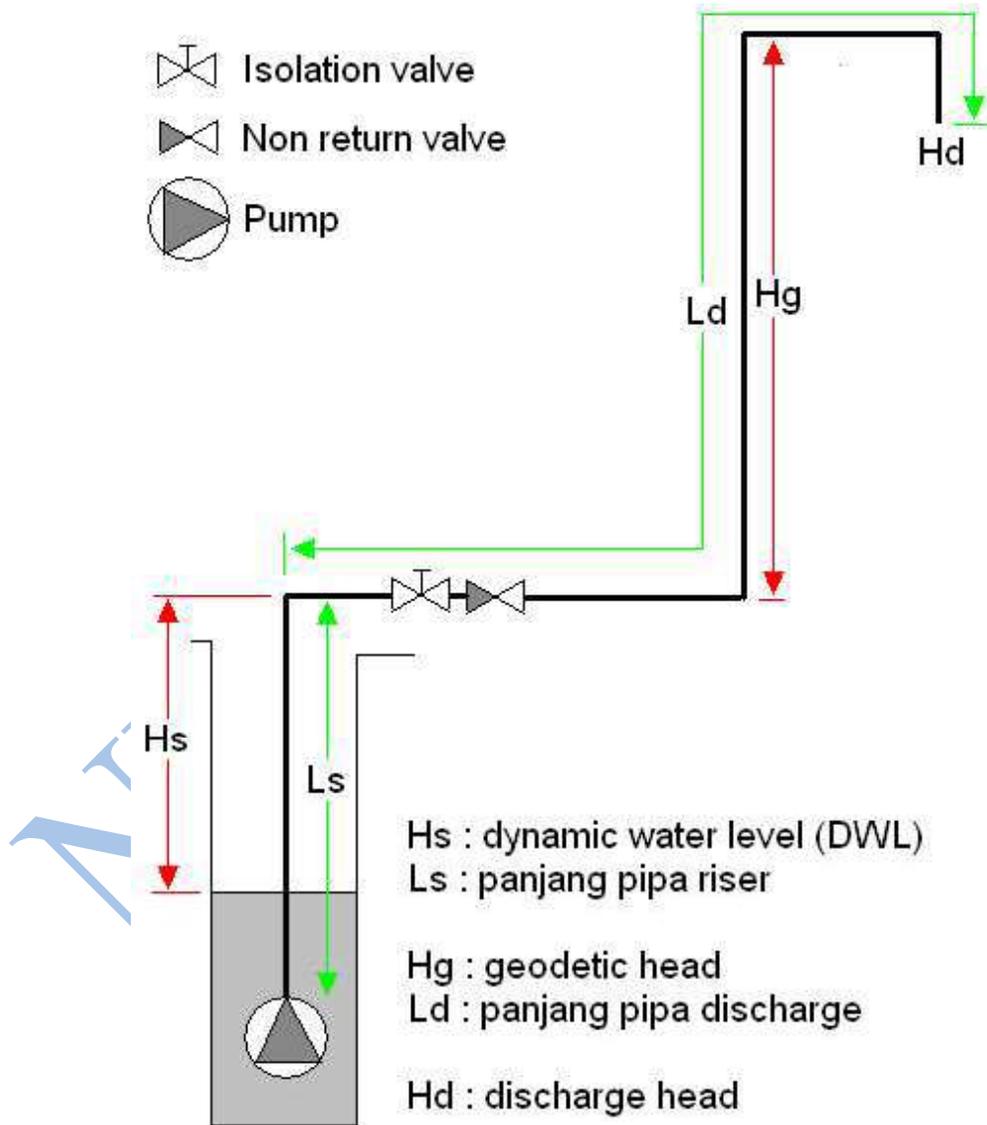
Positif suction dengan positif geodetic yaitu jika posisi pipa hisap dan level air diatas pompa, sedangkan posisi pipa discharge berada diatas pompa.



Gbr. 6.2. Positif suction dengan positif discharge

6.3. Pompa deep well dengan positif geodetic

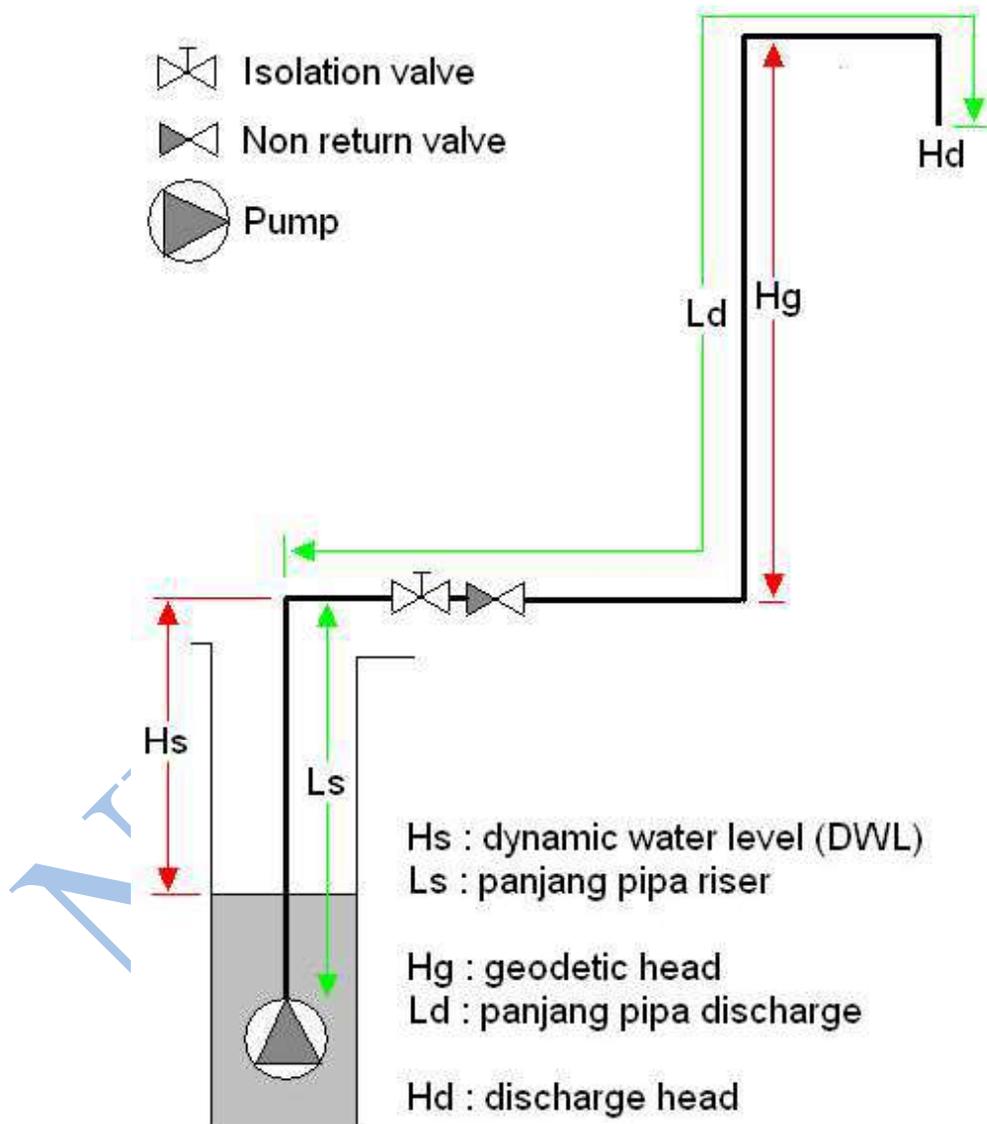
Pompa deep well dengan positif geodetic yaitu jika pompa dipasang dengan diselup didalam air sumur dan pipa discharge berada diatas pompa.



Gbr. 6.3. Pompa deep well dengan positif discharge

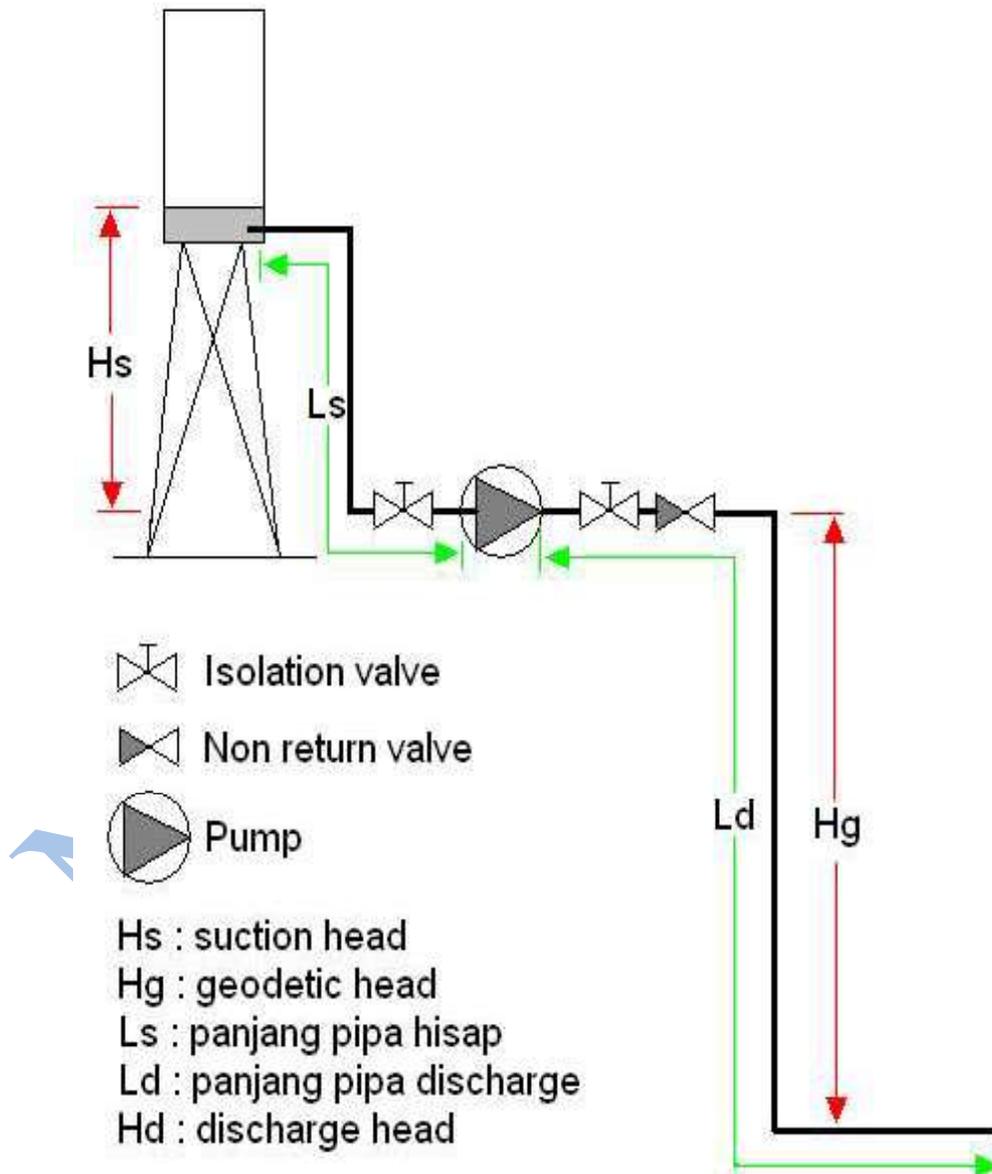
6.4. Pemipaan pompa air kotor dengan positif geodetic

Pemipaan pompa air kotor dengan positif geodetic yaitu jika pemasangan pompa dicelup didalam penampung air kotor dan pipa discharge berada diatas pompa



Gbr. 6.4. Pompa air kotor dengan positif discharge

- 6.5. Positif suction dengan negative geodetic (Sistem grafitasi)
 Positif suction dengan negatif geodetic (Sistem grafitasi) yaitu jika pipa hisap dan level air diatas pompa, sedangkan posisi pipa discharge berada dibawah pompa.



Gbr. 6.5. Positif suction dengan negatif discharge/grafitasi

6.6. Negatif suction dengan negatif geodetic (Efek siphone)

Negatif suction dengan negative geodetic (Efek siphone) yaitu jika pipa hisap dan level air berada dibawah pompa, sedangkan posisi pipa discharge berada diatas pompa.

 Isolation valve

 Non return valve

 Pump

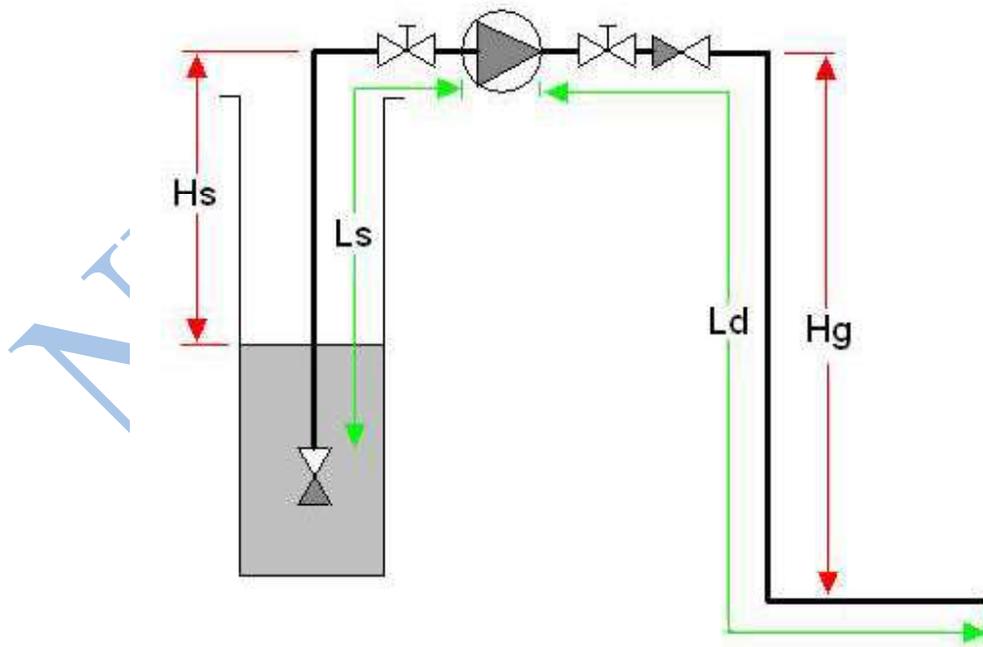
Hs : suction head

Hg : geodetic head

Ls : panjang pipa hisap

Ld : panjang pipa discharge

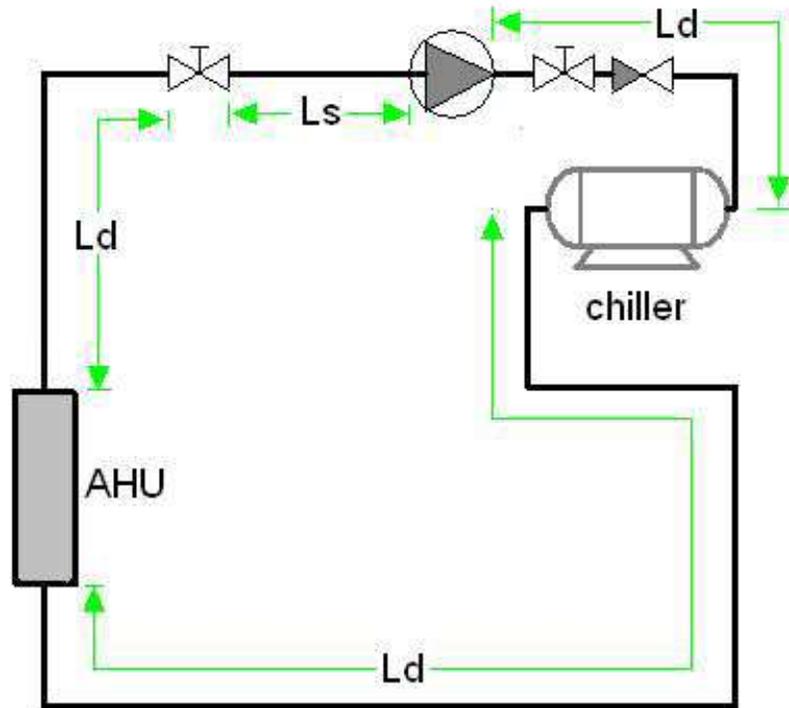
Hd : discharge head



Gbr. 6.6. Negatif suction dengan negatif disch. (Grafitasi)

6.6. Sistem pemipaan tertutup (closed loop)

Sistem pemipaan tertutup (Closed loop) yaitu jika air yang mengalir pada pipa mulai dari lubang keluar pompa sampai dengan lubang masuk pompa tidak terputus.



-  Isolation valve
-  Non return valve
-  Pump

H_s : suction head : 0 m
 H_g : geodetic head : 0 m

L_s : panjang pipa hisap
 L_d : panjang pipa disch.

Gbr. 6.6. Sistem pemipaan tertutup/closed loop

BAB 7. SOFTWARE KALKULATOR TOTAL HEAD, CEK KAVITASI, DIAMETER PIPA & VELOCITY

Software kalkulator ini bertujuan mengestimasi secara cepat, akurat & terintegrasi untuk semua system pompa dan system pemipaan. Software kalkulator ini untuk menghitung friction loss menggunakan metode Hazen William seperti yang telah diuraikan diatas. Beberapa hasil yang dapat ditentukan dari software kalkulator ini adalah sebagai berikut :

- a. Total head pompa
- b. Uji kondisi apakah terjadi kavitasi atau tidak
- c. Diameter pipa
- d. Kecepatan air didalam pipa
- e. Daya penggerak pompa (P_2)

7.1. Petunjuk penggunaan kalkulator

Isi data pada semua kotak berwarna saja, dengan isian sebagai berikut :

- a. Suhu air (air normal : 20 s/d 30°C) °C
- b. Flow pompa Lps
- c. Input no. 1-7 system pemipaan
Keterangan pilihan no. sebagai berikut :
 1. Negative suction dg positif discharge
 2. Pompa deep well dg positif discharge
 3. Pompa air kotor dg positif discharge
 4. Positif suction dg grafitasi
 5. Positive suction dg positif discharge
 6. Negatif suction dg efek siphone
 7. Sirkulasi tertutup/closed loop

- d. Input no. 1-7, jenis material pipa (1-7)
1. Stainless steel
 2. Steel pipe sch. 40
 3. Galvanized steel
 4. Copper
 5. Ductile cast iron uncoated K12
 6. Polyethylene class 6
 7. PVC class 15
- e. Panjang pipa hisap (Ls) mtr
- f. Input no. 1-17, dia. dalam pipa hisap
- | | |
|----------------|-----------------|
| 1. Dia. 15 mm | 10. Dia. 125 mm |
| 2. Dia. 20 mm | 11. Dia. 150 mm |
| 3. Dia. 25 mm | 12. Dia. 200 mm |
| 4. Dia. 32 mm | 13. Dia. 250 mm |
| 5. Dia. 40 mm | 14. Dia. 300 mm |
| 6. Dia. 50 mm | 15. Dia. 400 mm |
| 7. Dia. 65 mm | 16. Dia. 450 mm |
| 8. Dia. 80 mm | 17. Dia. 600 mm |
| 9. Dia. 100 mm | |
- g. Input manual diameter dalam pipa (Y/T)
keterangan :
Jika diameter dalam pipa yang akan digunakan (isian f) tidak ada pilihan, maka isilah dengan “Y”.
- h. Jika “Y”, tulislah diameter dalam pipa mm
Keterangan :
Setelah pemilihan dan pengisian diameter pipa maka hasil velocity, uji kondisi velocity dan uji kondisi diameter pipa dapat diketahui.
- i. Input tinggi hisap atau DWL mtr

- j. Input jumlah butterfly valve unit
- k. Input jumlah ball valve unit
- l. Input jumlah check valve unit
- m. Input jumlah elbow 90° unit
- n. Input jumlah Tee unit
- o. Input pressure drop-1 mtr
- p. Input pressure drop-2 mtr
- Keterangan : Pressure drop-1 & 2 adalah pressure drop untuk peralatan seperti strainer, flexible joint, dsb.
- q. Input debit/flow pompa (%) pada box pipa-2 (pipa sambungan) dan pipa-3 (pipa cabang)
- r. Input panjang pipa discharge/Ld (mtr) pada box pipa-1 (pipa utama), pipa-2 (pipa sambungan), dan pipa-3 (pipa cabang)
- s. Input disch. head/pressure pada kran mtr
- t. Input geodetic head/tinggi vertical mtr
- u. Input no. 1-7, jenis material pipa
Jenis material seperti pada (d) diatas untuk pipa-1 (pipa utama), pipa-2 (pipa sambungan), dan pipa-3 (pipa cabang).
- v. Input no. 1-17, diameter pipa discharge
Diameter pipa seperti pada (f) diatas untuk pipa-1 (pipa utama), pipa-2 (pipa sambungan), dan pipa-3 (pipa cabang).
- w. Input manual diameter dalam pipa (Y/T)
keterangan :
Jika diameter dalam pipa yang akan digunakan (isian v) tidak ada pilihan, maka isilah dengan "Y".

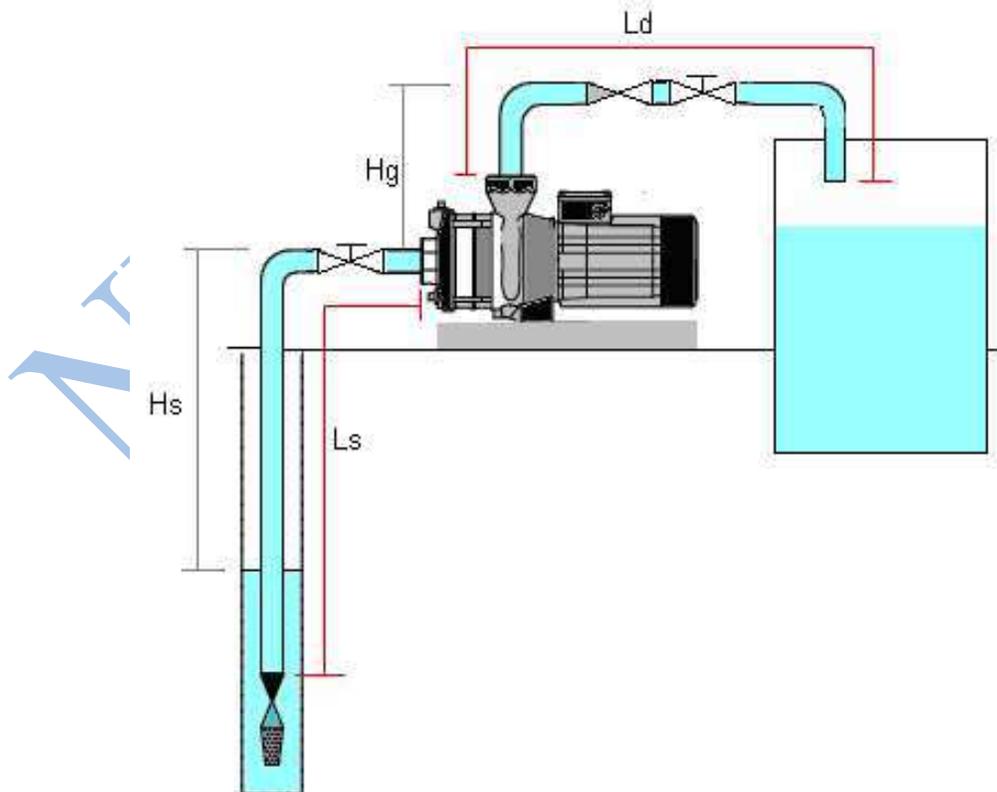
- x. Jika “Y”, tuliskan diameter dalam pipa mm
Keterangan :
Setelah pemilihan dan pengisian diameter pipa maka hasil velocity, uji kondisi velocity dan uji kondisi diameter pipa dapat diketahui.
- y. Safety factor untuk pipa, fitting & valve (%)
Safety factor diperlukan untuk mengantisipasi perubahan friction loss pada pipa, fitting dan valve dikarenakan adanya endapan/lapisan lumpur, kapur, lumut, dsb.
- w. Input jumlah ball valve, butterfly valve, check valve, elbow, tee, pada box pipa-1 (pipa utama), pipa-2 (pipa sambungan), dan pipa-3 (pipa cabang).
- z. Input pressure drop-1, 2, & 3 pada box pipa-1 (pipa utama), pipa-2 (pipa sambungan), dan pipa-3 (pipa cabang).
Keterangan : Pressure drop-1, 2, & 3 adalah pressure drop peralatan seperti filter, chiller, air handling unit, dsb.

7.2. Studi kasus dan penyelesaiannya (Analisa kalkulasi total head, diameter pipa & cek kavitasi)

7.2.1. Negative suction dengan positif discharge

7.2.1.1. Pompa transfer dari sumur dangkal ke ground tank.

Sumur dangkal dengan level air pada posisi 5 meter dari inlet pompa. Air dari sumur akan dipompa ke ground tank dengan debit $8\text{m}^3/\text{jam}$, panjang pipa hisap 10 meter, tinggi geodetic 2 meter, panjang pipa discharge 15 meter. Tentukan total head pompa, tipe pompa, diameter pipa (inlet/outlet), kecepatan air didalam pipa dan Jika level air turun s/d 6 meter apakah terjadi kavitasi/tidak.



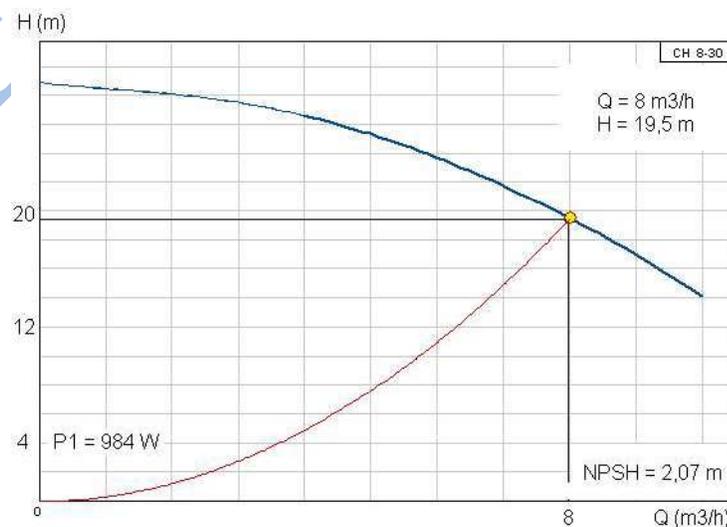
Diketahui :

Suhu air (perkiraan) = 30°C
 Q (debit pompa) = 8 m³/jam
 H_s (tinggi hisap) = 8 meter
 L_s (panjang pipa hisap) = 10 meter
 H_g (tinggi geodetic) = 2 meter
 L_d (panjang pipa disch.) = 15 meter
 H_d (disch. Head), perkiraan = 5 meter

Juml ball valve (suction) = 1 unit
 Juml ball valve (discharge) = 1 unit
 Juml cek valve (discharge) = 1 unit

Jawaban : (Lihat lampiran 7.2.1.1a)

- Q = 8 m³/h
- H = 15.9 m
- Jenis pompa : CH8-30 (dari suplier)
- NPSH_r = 2,07 m (dari data pompa)
- Material pipa (inlet/outlet) = PVC
- Diameter pipa (inlet/outlet) = 40 mm
- Velocity (v) = 1,64 m/sec
- Jika level air turun ke 6 m maka akan terjadi kavitasi (Lihat lampiran 7.2.1.1b)



Kalkulator Total Head, Diameter Pipa & Cek Kavitas (Metode : Hazen-William)
 Oleh : MA. Budiman, Hp. 0811999465, R8.1 Inrd. Okt 2010

Project/ Aplikasi : Lampiran 7.2.1.1a (Pompa transfer dari sumur ke groundtank)
 Konsultant/ Kontraktor :

Sistem aplikasi, pilih 1-7 :

Negative suction dg Positif discharge

Material pipa hisap, pilih 1-7 :

[7] PVC Class-15

Panjang pipa hisap, Ls : mtr

Diameter pipa hisap, pilih 1-17 : mm

Dia. Nominal pipa hisap : mm

Dia. dalam pipa hisap : mm

Input manual dia. dalam? (Y/T) :

Jika Y, Input dia. dim pipa : mm

Velocity (Ideal 0.9-2 m/s) : m/s

Velocity (Ok = Ideal) :

Diameter pipa (Ok = Ideal) :

Tinggi pipa hisap (Hs) : mtr

Jarak vertikal dr level pipa ke level air : mtr

Hasil

Debit pompa (Q) : M³/J

Tot. head (H) : Mtr

Input data pompa

Tipe pompa :

NPSHr : mtr

Effisiensi : %

P2, daya pompa : kW

NPSHa : mtr

Isi di kotak berwarna saja

Vapour pressure-Hy = Mtr

Temperatur air = °C

Debit pompa (Q) = L/s

Pipa discharge/ outlet :

Debit air di pipa (Q) % :

Debit air di pipa (Q) m3/jam :

Ld (panjang pipa 1,2,3) mtr :

Hd, Discharge Head..... mtr :

Geodetic head : mtr

Jarak vertikal dr level pipa ke pipa disch tertinggi :

Mat' pipa discharge, pilih 1-7 :

[7] PVC Class-15

Dia. pipa disch, pilih 1-17 :

Dia. Nominal pipa disch. :

Dia dalam pipa disch. :

Input manual dia dalam?(Y/T) :

Jika Y, Input dia. dalam :

Velocity (Ideal 0.9-2) m/sec :

Velocity (Ok = Ideal) :

Diameter pipa (Ok = Ideal) :

Safety Factor Pipe+Fitting % :

Juml. ball valve : pcs

Juml. butterfly valve : pcs

Juml. swing chek valve : pcs

Juml. elbow (90°), (45°) : pcs

Juml. Tee : pcs

Pressure Drop-1 : mtr

Pressure Drop-2 : mtr

Pressure Drop-3 : mtr

Material & dia dalam pipa.....

Pipa-1, PVC Class-15 : mm

Pipa-2, PVC Class-15 : mm

11/8/2010 10:43

Reference : Australian Pump manufacturer Association (APMA, Limited 1982, Reprinted 1993)

Kalkulator Total Head, Diameter Pipa & Cek Kavitas (Metode : Hazen William)
 Oleh : MA Budiman, Hp. 0811999465, R8.1 Ind. Okt 2010

Pipa discharge/ outlet	Pipa-1	Pipa-2	Pipa-3
Debit air d pipa (Q)	100%	0%	0%
Debit air d pipa (Q) m3/jam	8.0	0.0	0.0
Ld (panjang pipa 1,2,3) mtr	15.0	0.0	0.0

Ld	15.0
Hd, Discharge Head	5.0
Geodetic head	2.0
Jarak vertikal dr level pipa ke pipa disch tertinggi	

Hasil	
Debit pompa (Q)	8.0 M ³ /J
Tot head (H)	16.9 Mtr
Input data pompa	
Tipe pompa	CH4-30
NPSH	2.1 mtr
Effisiensi	60.0 %
P2, daya pompa	0.61 kW
NPSHa	1.11 mtr

AWAS! KAVITASI
 NPSHa < NPSHr

Beberapa cara untuk hindari kavitasasi

- 1.Hs-max, negatif suct. 5.02 mtr
- 2.Turunan temperatur air
- 3.Naikkan size diameter pipa
- 4.Cari pump dg NPSHr yang kecil

Material & dia dalam pipa.....	
Pipa-1, PVC Class-15	41.6 mm
Pipa-2, PVC Class-15	41.6 mm

Lampiran 7.2.1.1b (Pompa transfer dari sumur ke ground tank)
 Konsultaan/ Kontraktor

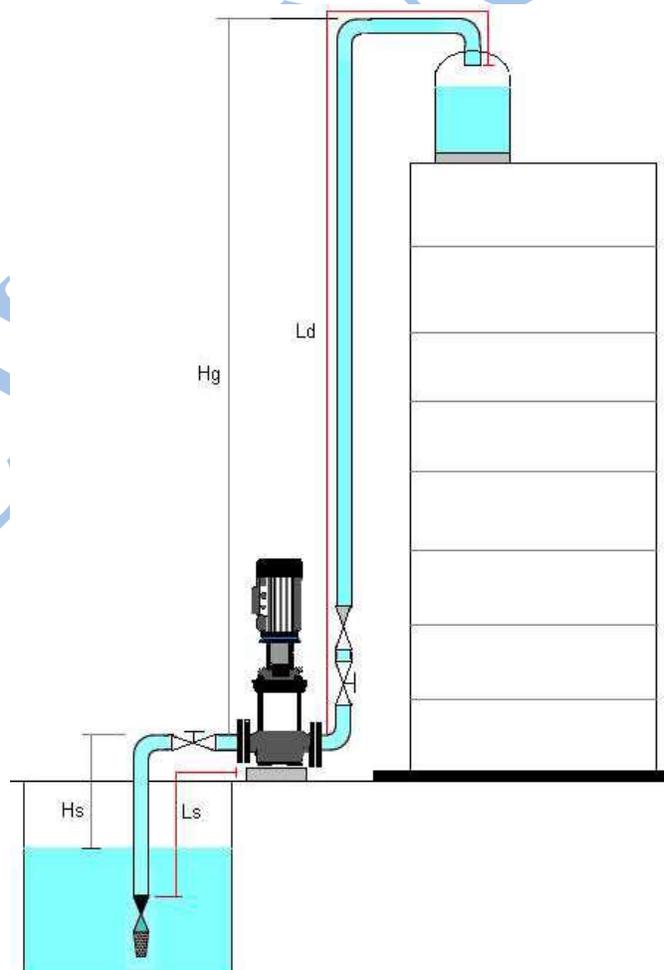
Isi di kotak berwarna saja

Vapour pressure-Hv = 0.43 Mtr
 Temperatur air = 30 °C
 Debit pompa (Q) = 2.2 L/s

Sistem aplikasi, pilih 1-7	1
Negative suction dg Positif discharge	7
Material pipa hisap, pilih 1-7	145
[7] PVC Class-15	10.0
Panjang pipa hisap, Ls	5
Diameter pipa hisap, pilih 1-17	40.0
Dia. Nominal pipa hisap	41.6
Dia. dalam pipa hisap	t
Input manual dia. dalam? (Y/T)	0
Jika Y, Input dia. dim pipa	1.64
Velocity (Ideal 0.9-2 m/s)	Ok
Velocity (Ok = Ideal)	Ok
Diameter pipa (Ok = Ideal)	6.0
Tinggi pipa hisap (Hs)	
Jarak vertikal dr level pipa ke level air	
Juml. ball valve	pcs : 1
Juml. butterfly valve	pcs : 0
Juml. swing chek valve	pcs : 1
Juml. elbow (90°), (45°)	pcs : 1
Juml. Tee	pcs : 1
Juml. foot valve	pcs : 1
Pressure Drop-1	mtr : 0.0
Pressure Drop-2	mtr : 0.0

7.2.1.2. Transfer dari ground tank ke roof tank/tower tank

Air dari ground tank akan dipompa ke roof tank yang ditempatkan pada di lantai 25 dengan ketinggian 90 meter (diukur dari basemen ke titik tertinggi pipa). Debit air yang diperlukan 30 m³/jam. Pipa hisap akan dipasang negative. Tentukan total head pompa, tipe pompa, diameter pipa, kecepatan air didalam pipa dan tentukan kemampuan hisap maximum tanpa akan terjadi kavitasi pada pompa yang dipilih.



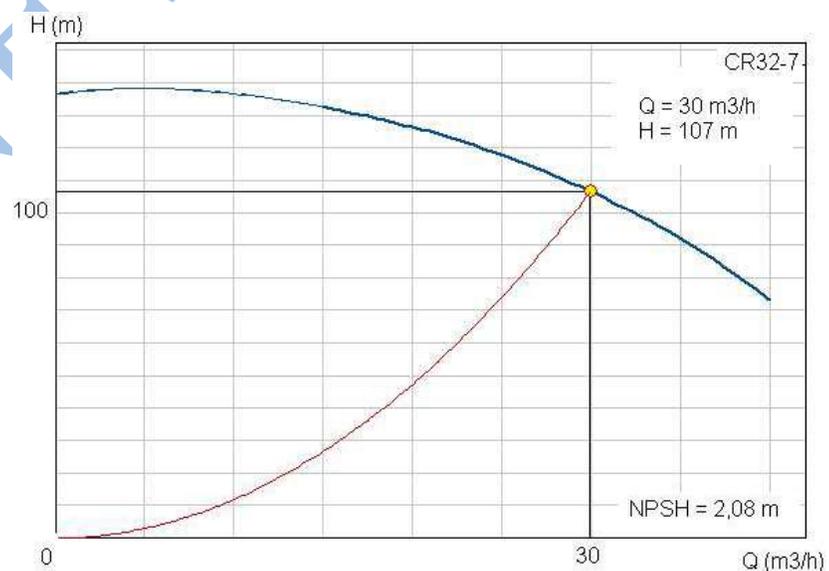
Diketahui :

Suhu air (perkiraan) = 30°C
 Q (debit pompa) = 30 m³/jam
 Hs max (tinggi hisap) = ?? meter
 Ls (panjang pipa hisap) = 10 meter
 Hg (tinggi geodetic) = 90 meter
 Ld (panjang pipa disch.) = 100 meter
 Hd (disch. Head), perkiraan = 5 meter

Juml ball valve (suction) = 1 unit
 Juml ball valve (discharge) = 1 unit
 Juml cek valve (discharge) = 1 unit

Jawaban : (Lihat lampiran 7.2.1.1a)

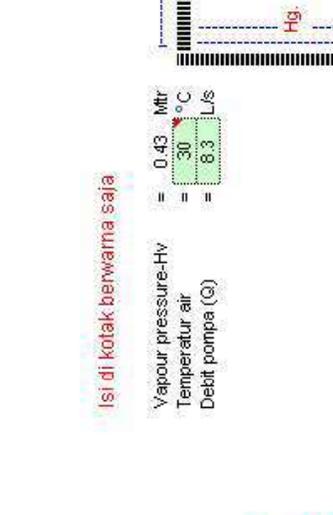
- Q = 30 m³/h
- H = 107 m
- Jenis pompa : CR32-7 (dari supplier)
- NPSHr = 2,08 m (dari data pompa)
- Material pipa (inlet/outlet) = PVC
- Diameter pipa (inlet/outlet) = 80 mm
- Velocity (v) = 1,8 m/sec
- Hs max (tinggi hisap) = 5,25 meter



Project/ Aplikasi : Lampiran 7.2.1.2 (Pompa transfer dari ground tank ke roof tank)
 Konsultansi/ Kontraktor :

Kalkulator Total Head, Diameter Pipa & Cek Kavitasi (Metode : Hazen-William)
 Oleh : M.A. Budiman, Hp. 0811999465, R8.1 Ind. Okt 2010

Pipa discharge/ outlet	Pipa-1	Pipa-2	Pipa-3
Debit air di pipa (Q)	100%	0%	0%
Debit air di pipa (Q) m3/jam	30.0	0.0	0.0
Ld (panjang pipa 1,2,3) mtr	100.0	0.0	0.0
Ld : 100.0			
Hd, Discharge Head.....mtr	5.0		
Geodetic head mtr	90.0		
Jarak vertikal dr level pipa ke pipa disch tertinggi			

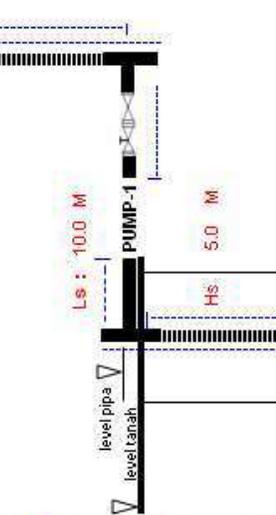


Isi di kotak berwarna saja

Vapour pressure-Hv = 0.43 Mtr
 Temperatur air = 30 °C
 Debit pompa (Q) = 8.3 L/s

Sistem aplikasi, pilih 1-7	1
Negative suction dg Postir discharge	7
Material pipa hisap, pilih 1-7	149
[7] PVC Class-15	10.0
Panjang pipa hisap, Ls mtr	8
Diameter pipa hisap, pilih 1-17 mm	80.0
Dia. Nominal pipa hisap mm	76.7
Dia. dalam pipa hisap mm	1
Input manual dia. dalam? (Y/T) mm	0
Jika Y, Input dia. dim pipa mm	1.80
Velocity (Ideal 0.9-2 m/s) m/s	Ok
Velocity (Ok = Ideal)	Ok
Diameter pipa (Ok = Ideal) mtr	5.0
Tinggi pipa hisap (Hs) mtr	
Jarak vertikal dr level pipa ke level air	

Juml. ball valve pcs	1	0	0
Juml. butterfly valve pcs	0	0	0
Juml. swing chek valve pcs	1	0	0
Juml. elbow (90°), (45°) pcs	3	0	0
Juml. Tee pcs	0	0	0
Pressure Drop-1 mtr	0.0	0.0	0.0
Pressure Drop-2 mtr	0.0	0.0	0.0
Pressure Drop-3 mtr	0.0	0.0	0.0



Juml. ball valve pcs	1	0	0
Juml. butterfly valve pcs	0	0	0
Juml. swing chek valve pcs	1	0	0
Juml. elbow (90°), (45°) pcs	1	0	0
Juml. Tee pcs	1	0	0
Pressure Drop-1 mtr	0.0	0.0	0.0
Pressure Drop-2 mtr	0.0	0.0	0.0

Material & dia dalam pipa.....
Pipa-1, PVC Class-15 : 76.7 mm
Pipa-2, PVC Class-15 : 76.7 mm

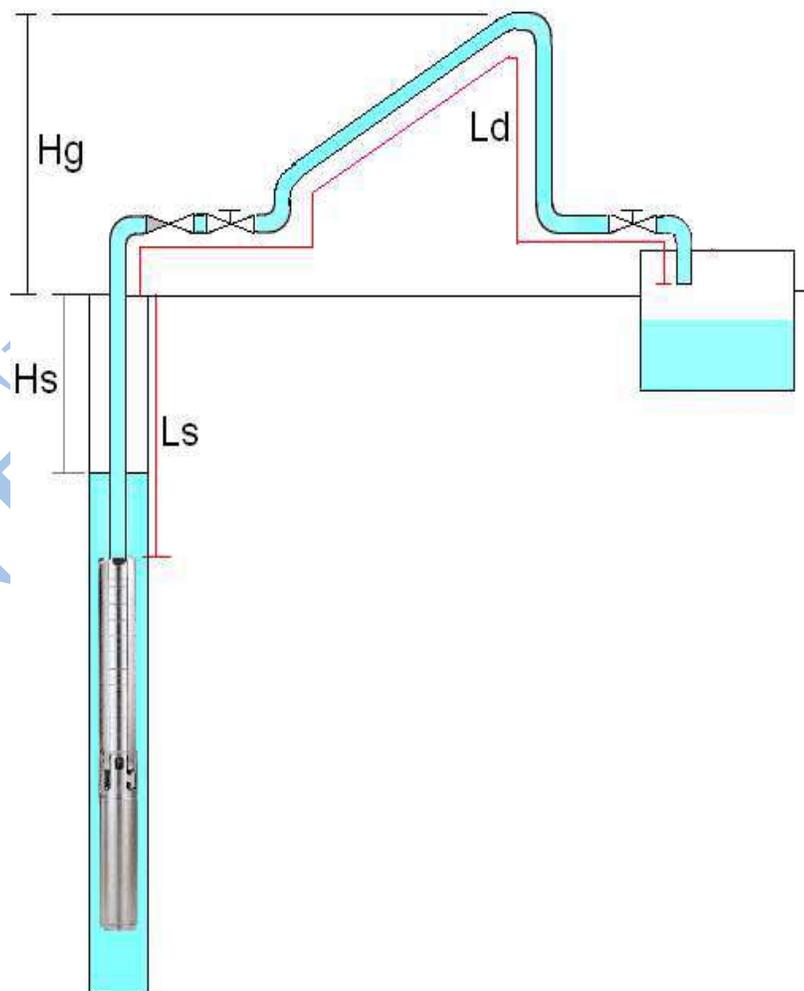
Mat' pipa discharge, pilih 1-7	7	6	6
[7] PVC Class-15	8	6	2
Dia. pipa disch, pilih 1-17 mm	80	50	20
Dia. Nominal pipa disch. mm	76.7	44.0	16.7
Dia dalam pipa disch. mm	1	1	1
Input manual dia dalam? (Y/T) mm	0.0	0.0	0.0
Jika Y, Input dia. dalam mm	1.80	0.00	0.00
Velocity (Ideal 0.9-2) m/sec	Ok	-	-
Velocity (Ok = Ideal)	Ok	-	-
Diameter pipa (Ok = Ideal)	Ok	-	-
Safety Factor Pipe+Fitting %	10%		

NPSHa > NPSHR	
TDK TERJADI KAVITASI	
1.Hs-max, negatif suct. 5.25 mtr	

7.2.2. Pompa deep well dengan positif discharge

7.2.2.1. Transfer dari sumur dalam ke ground tank/tower tank

Sumur dalam dengan dynamic water level (DWL) pada posisi 60 meter dari permukaan tanah. Air dari sumur akan dipompa keground tank dengan debit $70\text{m}^3/\text{jam}$, panjang pipa riser 75 meter, tinggi geodetic 10 meter, panjang pipa discharge 500 meter. Tentukan total head pompa, tipe pompa, diameter pipa outlet, dan kecepatan air didalam pipa.



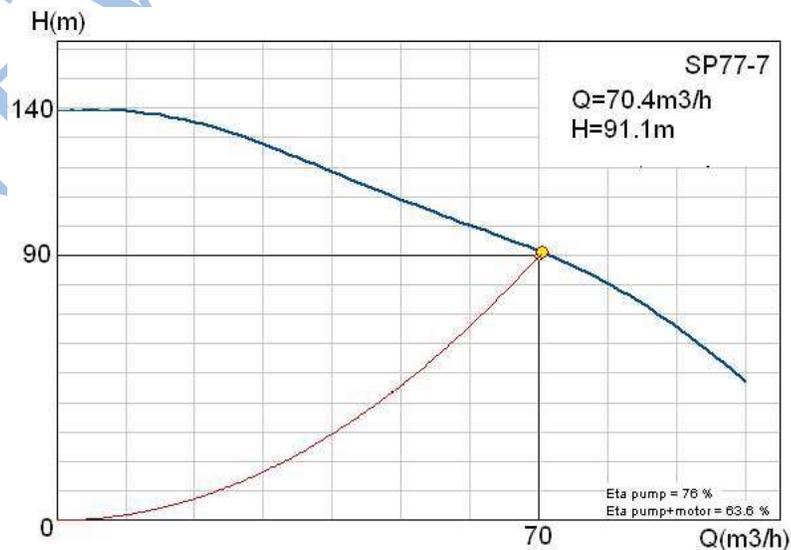
Diketahui :

Suhu air (perkiraan) = 30°C
 Q (debit pompa) = 70 m³/jam
 Hs (dynamic water level) = 60 meter
 Ls (panjang pipa riser) = 75 meter
 Hg (tinggi geodetic) = 10 meter
 Ld (panjang pipa disch.) = 500 meter
 Hd/disch. head (perkiraan) = 5 meter

Juml butterfly valve (disch) = 1 unit
 Juml cek valve (disch) = 2 unit

Jawaban : (Lihat lampiran 7.2.2.1)

- Q (debit pompa) = 70 m³/h
- H (total head pompa) = 88 m
- Jenis pompa : SP77-7 (dari suplier)
- Material pipa (outlet) = Galv. steel
- Diameter pipa (inlet/outlet) = 125 mm
- Velocity (v) = 1,46 m/sec



Project/ Aplikasi : Lampiran 7.2.2.1 (Pompa deep well dari sumur ke ground tank)
 Konsultan/ Kontraktor :

Kalkulator Total Head, Diameter Pipa & Cek Kavitasi (Metode : Hazen-William)

Oleh : MA. Budiman, Hp. 0811999465, R8.1 Ind. Okt 2010

Sistem aplikasi, pilih 1-7 :

Pompa deep well dg Positif suction

Material pipa hisap, pilih 1-7 :

[3] Galvanized iron

Panjang pipa riser, Ls mtr :

Diameter pipa riser, pilih 1-17 :

Dia. Nominal pipa riser mm :

Dia. dalam pipa hisap mm :

Input manual dia. dalam? (Y/T) :

Jika Y, Input dia. dlm pipa mm :

Velocity (Ideal 0.9-2 m/s) m/s :

Velocity (Ok = Ideal) :

Diameter pipa (Ok = Ideal) :

Dynamic water level, Hs mtr :

Jarak vertikal dr level tanah ke level air

Juml. ball valve pcs :

Juml. butterfly valve pcs :

Juml. swing chek valve pcs :

Juml. elbow (90°), (45°) pcs :

Juml. Tee pcs :

Juml. foot valve pcs :

Pressure Drop-1 mtr :

Pressure Drop-2 mtr :

Pipa discharge/ outlet :

Debit air d pipa (Q) % :

Debit air d pipa (Q) m3/lam :

Ld (panjang pipa 1,2,3) mtr :

Ld : mtr

Hd, Discharge Head mtr :

Geodetic head mtr :

Jarak vertikal dr level tanah ke pipa disch tertinggi

Mat'l pipa discharge, pilih 1-7 :

[3] Galvanized iron

Dia. pipa disch, pilih 1-17 mm :

Dia. Nominal pipa disch. mm :

Dia dalam pipa disch. mm :

Input manual dia dalam? (Y/T) :

Jika Y, Input dia. dalam mm :

Velocity (Ideal 0.9-2) m/sec :

Velocity (Ok = Ideal) :

Diameter pipa (Ok = Ideal) :

Safety Factor Pipe+Fitting % :

Juml. ball valve pcs :

Juml. butterfly valve pcs :

Juml. swing chek valve pcs :

Juml. elbow (90°), (45°) pcs :

Juml. Tee pcs :

Pressure Drop-1 mtr :

Pressure Drop-2 mtr :

Pressure Drop-3 mtr :

Hasil

Debit pompa (Q) : 70.0 M³/M

Tot. head (H) : 87.6 Mtr

Input data pompa

Tipe pompa : SP77-7

NPSHr : 3.4 mtr

Efisiensi : 76.0 %

P2, daya pompa : 21.95 kW

Material & dia dalam pipa.....

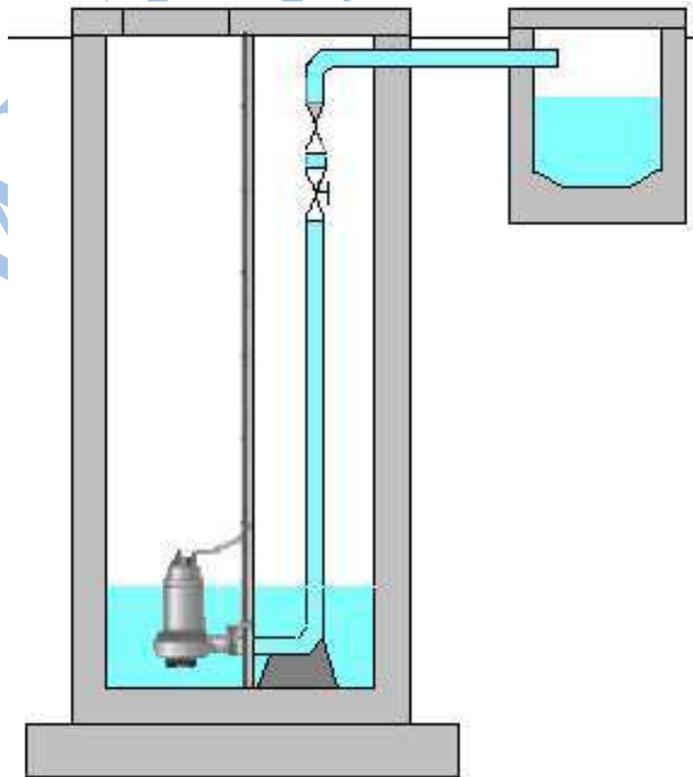
Pipa-1, Galv iron : 129.9 mm

Pipa-2, Galv iron : 129.9 mm

7.2.3. Pompa air kotor dengan posotif discharge

7.3.3.1. Transfer air kotor dari tank penampung ke pembuangan.

Bak penampung air kotor dengan dynamic water level (DWL) pada posisi 10 meter dari level pipa tertinggi. Air kotor dari bak penampung akan dipompa ke saluran pembuangan dengan debit $25\text{m}^3/\text{jam}$, panjang pipa riser 20 meter, tinggi geodetic 0 meter, panjang pipa discharge 0 meter. Tentukan total head pompa, tipe pompa, diameter pipa outlet, dan kecepatan air didalam pipa.



NEWTONUS