



**ANALISIS PERANCANGAN POMPA GUNA PEMENUHAN
KEBUTUHAN AIR BERSIH PDAM
KOTA PROBOLINGGO**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Mesin (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh:

**ILHAM WAHYUDI
NIM. 091910101048**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2013**

PERSEMBAHAN

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran ALLAH SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“ANALISIS PERANCANGAN POMPA GUNA PEMENUHAN KEBUTUHAN AIR BERSIH PDAM KOTA PROBOLINGGO ”** Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Penulisan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang tiada terhingga kepada:

1. Allah S.W.T.
2. Rasulullah Muhammad SAW, Suri Tauladan Umat Manusia;
3. Bapak, Ibu, Aba H. Anang serta Istri yang sudah mendoakan dan memberi suport selama ini sehingga skripsi ini bisa terselesaikan
4. Semua Dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang telah membimbing dan memberikan ilmu terutama Bapak Ir. Digdo Listyadi Setyawan, M.Sc., dan Bapak Ir. FRANCISCUS XAVERIUS Kristianta M.Eng., yang telah meluangkan waktu dan pikiran guna memberikan bimbingan dan pengarahan demi terselesaikannya skripsi ini,.
5. Seluruh warga teknik mesin angkatan '09' yang sudah banyak memberi warna kehidupan selama kuliah **”Solidarity Forever”**.

MOTTO

” Religion without science is blind. Science without religion is paralyzed. “

Agama tanpa ilmu adalah buta. Ilmu tanpa agama adalah lumpuh.

(Albert Einstein)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : **Ilham Wahyudi**

NIM : **091910101048**

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi yang berjudul: “Analisis Perancangan Pompa Guna Pemenuhan Kebutuhan Air Bersih PDAM Kota Probolinggo” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada instansi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik bila ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 19 September 2013

Yang menyatakan,

Ilham Wahyudi
NIM. 091910101048

SKRIPSI

**ANALISIS PERANCANGAN POMPA GUNA PEMENUHAN
KEBUTUHAN AIR BERSIH PDAM
KOTA PROBOLINGGO**

Oleh :

**Ilham Wahyudi
NIM 091910101024**

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Ir. Digdo Listyadi S., MSc.

Dosen Pembimbing Anggota : Ir. F.X Kristianta M.Eng

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Analisis Perancangan Pompa Guna Pemenuhan Kebutuhan Air Bersih PDAM Kota Probolinggo” telah diuji dan disahkan pada :

Hari, Tanggal : Kamis, 19 September 2013

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Ketua,

Sekretaris,

Ir. Digdo Listyadi S. MSc.
NIP. 19680617 199501 1 001

Ir. F.X Kristianta M.Eng
NIP. 19650120 200112 1 001

Anggota I,

Anggota II,

Santoso Mulyadi S.T., M.T
NIP. 19700228 199702 1 001

Andi Sanata S.T., M.T
NIP. 19750502 200112 1 001

Mengesahkan
Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember

Ir. Widyono Hadi M.T
NIP. 19610414 198902 1 001

RINGKASAN

Analisis Perancangan Pompa Guna Pemenuhan Kebutuhan Air Bersih PDAM Kota Probolinggo; Ilham Wahyudi, 091910101048: 84 Halaman; Program Studi Strata Satu Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Air merupakan unsur terpenting bagi kelangsungan hidup di muka bumi. Sebab tanpa air kehidupan di muka bumi ini tidak akan ada. Semua makhluk hidup selalu memerlukan air untuk bisa tumbuh dan berkembang secara wajar. Seiring meningkatnya penduduk kota Probolinggo yang mengakibatkan kebutuhan air bersih meningkat pula, sementara sarana air bersih dari PDAM masih terbatas. Berdasarkan alasan-alasan di atas, maka diperlukan suatu analisis perancangan pompa guna pemenuhan pemakaian air bersih yang dapat digunakan untuk menilai kelayakan suatu sistem distribusi untuk penyaluran air bersih.

Pompa air yang sesuai untuk masalah ini ialah dengan menggunakan pompa sentrifugal. Pompa sentrifugal ialah jenis pompa dimana headnya dibentuk oleh gaya sentrifugal maupun lift yang ditimbulkan oleh sudu-sudu yang berputar. Pompa ini mempunyai sebuah impeller (baling-baling) untuk mengangkat air dari tempat lebih rendah ke tempat lebih tinggi.

Dalam penelitian ini, difokuskan pada penelitian tentang pompa sentrifugal mengenai impeller yang sesuai kapasitas air yang dibutuhkan untuk sebuah pompa dimana berdasarkan hasil perhitungan untuk setiap kapasitas air yg dipompa yaitu sebesar $422 \text{ m}^3/\text{jam}$ dan bentuk impeller yaitu : diameter dalam ($d_1 = 0,214 \text{ m}$),

diameter luar ($d_2 = 0,362$ m), ($\beta_1 = 17^\circ$), ($\alpha_1 = 62^\circ$), ($\beta_2 = 25^\circ$), ($\alpha_2 = 20^\circ$), ($\rho = 172,7$ mm), ($z = 11$) dengan spesifikasi pompa yang digunakan sebagai masukan yaitu kecepatan motor penggerak = 1500 (rpm), tebal sudu impeller = 5 (mm) dan tegangan torsi aman bahan shaft (S45C) = 58 (Kg/mm^2).

Dari hasil perhitungan dapat disimpulkan bahwa kebutuhan air bersih yang semakin meningkat maka akan dibutuhkan pompa dengan spesifikasi yang lebih tepat pula dan dimensi impeller akan berubah sesuai dengan spesifikasi pompa yang dirancang sehingga kerja pompa lebih optimal untuk memenuhi kebutuhan air bersih pada tahun 2022.

SUMMARY

Design Analysis Of Water Pump For Supplying Domestic Water In Probolinggo Town ; Ilham Wahyudi, 091910101048 : 84 Pages; Tier One Program Mechanical Engineering Department of Mechanical Engineering Faculty of Engineering, University of Jember .

Water is an essential element for survival in the face of the earth. Because without water life on earth would not exist. All living beings always need water to grow and develop naturally. With the increasing population of the city of Probolinggo resulting water needs increase as well, while the clean water from taps is still limited. Based on the reasons above, it would require an analysis of the design of the pump in order to meet water usage that can be used to assess the feasibility of a distribution system for water distribution.

Water pumps are suitable for this problem is to use a centrifugal pump. Centrifugal pumps where the pump is kind headnya formed by centrifugal force and the lift generated by the rotating blades. This pump has an impeller (the propeller) to lift water from a lower place to a higher place.

In this study, focused on research on centrifugal pump impeller according to the capacity of the water needed for a pump which is based on the calculation that for every capacity of pumped water is equal to 422 m³/hr and impeller shapes are: inside diameter ($d_1 = 0.214$ m), outer diameter ($d_2 = 0.362$ m), ($\beta_1 = 17^\circ$), ($\alpha_1 = 62^\circ$), ($\beta_2 = 25^\circ$), ($\alpha_2 = 20^\circ$), ($\rho = 172.7$ mm), ($z = 11$) with specification pump is used as

the input motor speed = 1500 (rpm), impeller blade thickness = 5 (mm) and material safety torque shaft voltage (S45C) = 58 (Kg/mm²).

From the calculation it can be concluded that the need for clean water is ever increasing, you may need to pump more precise specifications and dimensions of the impeller will also change according to the specifications of the pump is designed to pump more optimal working to meet the needs of clean water by 2022.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil'alamin, segala puji dan syukur ke hadirat ALLAH SWT atas segala rahmat, hidayah dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Perancangan Pompa Guna Pemenuhan Kebutuhan Air Bersih PDAM Kota Probolinggo”. Shalawat serta salam semoga tercurah pada Rasulullah Muhammad SAW beserta keluarga, sahabat dan pengikutnya. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Penulis menyadari bahwa dalam menyelesaikan skripsi ini mengalami berbagai kendala karena keterbatasan dan kemampuan penulis. Dengan segala kerendahan hati, penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang turut membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Dengan rasa tulus dan ikhlas penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. Widyono Hadi, MT selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember;
2. Bapak Andi Sananta, S.T., M.T., Selaku ketua Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember;
3. Bapak Ir. Digdo Listyadi S., M.Sc. selaku DPU, dan Bapak Ir. F.X Kristianta M.Eng selaku DPA yang telah meluangkan waktu dan pikiran serta perhatiannya guna memberikan bimbingan dan pengarahan demi terselesaikannya penulisan skripsi ini;

4. Bapak Santoso Mulyadi S.T., M.T selaku dosen penguji I dan Bapak Andi Sanata S.T., M.T selaku dosen penguji II
5. Aba, Mimi, Mbak dan Istri tercinta terima kasih atas semua doa, semangat, motivasi dan kasih sayang kalian semua sehingga skripsi ini dapat terselesaikan;
6. Aba H. Anang yang telah membantu segala keperluan untuk terselesainya skripsi ini dan seluruh Staf PDAM yang telah memberi masukan:
7. Teman-teman seperjuanganku *Nine Engine '09*, terima kasih atas motivasi dan do'a yang kalian berikan serta seluruh warga mesin;
8. Mbak Halimah, selaku staf administrasi jurusan Teknik Mesin Universitas Jember, terima kasih atas bantuannya dalam kelancaran pembuatan skripsi;
9. Staf Fakultas Teknik Universitas Jember;

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN PEMBIMBING	v
HALAMAN PENGESAHAN.....	vi
RINGKASAN	vii
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR TABEL.....	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
DAFTAR SIMBOL	xx
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan dan Manfaat	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Studi Kelayakan	5
2.2 Proyeksi Penduduk.....	6
2.3 Perkiraan Kebutuhan Air Bersih	8
2.4 Pompa.....	13
2.4.1 Kerugian Head	16
2.4.1 Aliran Laminer dan Turbulen	17
2.4.2 Perhitungan Pompa	20
2.4.2.1 Kapasitas Pompa	20

2.4.2.2 Head Total Pompa.....	21
2.5 Perencanaan Impeller	26
2.5.1 Masukan yang Diperlukan	27
2.5.2 Daya Motor Penggerak	28
2.5.3 Diameter Hub	30
2.5.4 Diameter Dalam Impeller.....	31
2.5.5 Sudut Masuk Impeller	34
2.5.6 Lebar Sisi Masuk Impeller	35
2.5.7 Sudut Keluar Impeller	37
2.5.8 Diameter luar Impeller	38
2.5.9 Lebar Sisi Keluar Impeller	39
2.5.10 Penentuan Bentuk Impeller	41
2.5.10.1 Metode Busur Lingkari	41
2.5.10.2 Metode Dua Busur Lingkari.....	42
2.5.10.3 Metode Titik Per Titik.....	44
2.6 Hipotesa	46
BAB III METODELOGI PENELITIAN.....	47
3.1 Waktu dan Tempat	47
3.2 Metode Pengambilan Data	47
3.3 Prosedur Penelitian.....	49
3.4 Flow Chart.....	50
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	51
4.1 Hasil	51
4.1.1 Perkiraan Jumlah Penduduk Pada Tahun 2022.....	51
4.1.2 Perkiraan Jumlah Pelanggan Pada Tahun 2022	51
4.1.3 Perkiraan Kebutuhan Air Bersih	55
4.1.3.1 Perkiraan Kebutuhan Air Bersih Untuk Seluruh Pelanggan.....	56
4.1.3.2 Fasilitas Pendidikan	56
4.1.3.3 Fasilitas Kesehatan.....	57

4.1.3.4 Fasilitas Peribadatan.....	57
4.1.3.5 Fasilitas Perkantoran	57
4.1.3.6 Fasilitas Rumah Tangga.....	58
4.1.3.7 Fasilitas Pelabuhan.....	58
4.1.4 Perhitungan Pompa	60
4.1.4.1 Kapasitas Pompa	60
4.1.4.2 Head Total Pompa.....	61
4.1.5 Perencanaan Impeller	69
4.1.5.1 Masukan yang Diperlukan	69
4.1.5.2 Daya Motor Penggerak	70
4.1.5.3 Diameter Hub	70
4.1.5.4 Diameter Dalam Impeller.....	71
4.1.5.5 Sudut Masuk Impeller	73
4.1.5.6 Lebar Sisi Masuk Impeller	74
4.1.5.7 Sudut Keluar Impeller	75
4.1.5.8 Diameter luar Impeller	75
4.1.5.9 Lebar Sisi Keluar Impeller	77
4.1.5.10 Penentuan Bentuk Impeller	78
4.2 Pembahasan.....	80
BAB V PENUTUP.....	83
5.1 Kesimpulan	83
5.2 Saran.....	84
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN.....	

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Judul Gambar	Halaman
2.1	Pompa Sentrifugal	14
2.2	Ukuran – Ukuran Utama Impeller	26
2.3	Effisiensi Overal	29
2.4	Profil Impeller Sentrifugal	30
2.5	Kecepatan – Kecepatan Pada Impeller	31
2.6	Segitiga Kecepatan Inlet Dan Outlet	32
2.7	Effisiensi Volumetris	32
2.8	Koeffisien Kecepatan K_{cm1} Dan K_{cm2}	33
2.9	Segitiga Kecepatan (Inlet) Dengan Sudut Serang	35
2.10	Ujung Sudu Masuk Impeller	36
2.11	Sudut Keluar Impeller B_2	37
2.12	Effisiensi Hidrolis	38
2.13	Ujung Sudu Keluar Impeller	39
2.14	Metode Busur Lingkar	41
2.15	Metode Dua Busur Lingkar	42
2.16	Metode Titik Per Titik	44

2.17	Variasi $w_1 c_m$, dan β Terhadap r'	45
3.1	Flow Chart	50
4.1	Ukuran – Ukuran Utama Impeller	69
4.2	Segitiga Kecepatan : (A) Inlet (B) Outlet	71
4.3	Effisiensi Volumetris	72
4.4	Koeffisien Kecepatan K_{cm1} Dan K_{cm2}	72
4.5	Effisiensi Hidrolis	76
4.6	Segitiga Kecepatan Outlet	78
4.7	Metode Busur Lingkaran	78

DAFTAR TABEL

Nomor	Judul Tabel	Halaman
2.1	Jumlah Kebutuhan Air Maksimum Per Orang Per Hari Menurut Kelompok Jumlah Pelanggan.	10
2.2	Jumlah Pompa Terpasang Untuk Menyadap (<i>Intek</i>) Dan Menyalurkan.	12
2.3	Jumlah Pompa Distribusi Terpasang.	13
4.1	Rencana Distribusi Penduduk Tahun 2022-2023	50
4.2	Jumlah Pelanggan PDAM Kota Probolinggo	51
4.3	Penentuan Data Regresi	53
4.4	Perkiraan Jumlah Pelanggan PDAM Kota Probolinggo 2013-2022	55
4.5	Penetapan Kebutuhan Air PDAM	56

DAFTAR LAMPIRAN

- A.** Lampiran Perhitungan
- B.** Lampiran Tabel
- C.** Lampiran Gambar

DAFTAR SIMBOL

P_n	: Jumlah penduduk pada tahun ke-n
P_o	: Jumlah penduduk pada tahun dasar.
P_t	: Jumlah penduduk pada tahun terakhir.
I	: Rata-rata pertumbuhan penduduk tiap tahun
t	: Jumlah interval tahun
r	: laju pertumbuhan penduduk pertahun
n	: Jumlah interval tahun
Q_e	: Debit efektif
Q_{ep}	: Debit efektif pompa
η_v	: Efisiensi volumetric
H	: Head pompa
V_d	: Kecepatan aliran rata-rata pada pipa (m/s)
H_a	: Perbedaan tinggi antara muka air di sisi keluar dan disisi isap (m)
H_l	: berbagai kerugian head di pipa (m)
g	: percepatan gravitasi
V_s	: Kecepatan air pada pipa isap
Q_{ep}	: Kapasitas efektif pompa
D_s	: Diameter pipa isap

- V_d : Kecepatan air pada pipa tekan
- R_e : Angka reynold
- ν : viskositas kinematis air
- h_{fs} : Kerugian dalam pipa isap
- L_s : Panjang pipa isap
- λ : koefisien kerugian gesek
- h_{fd} : Kerugian dalam pipa tekan
- D_d : Diameter pipa tekan
- L_d : Panjang pipa tekan
- h_{ls} : Kerugian akibat kontraksi pada pipa isap
- h_{ld} : Kerugian akibat kontraksi pada pipa tekan
- d_h : Diameter hub impeller
- d_1 : Diameter dalam impeller
- β_1 : Sudut masuk impeller
- b_1 : Lebar sisi masuk impeller
- d_2 : Diameter luar impeller
- β_2 : Sudut keluar impeller
- b_2 : Lebar sisi keluar impeller
- P_m : Daya motor penggerak pompa
- d_{sh} : Diameter shaft/poros

Q	: Kapasitas air yang dipompa
n	: Kecepatan motor penggerak
s	: Tebal sudu impeller
τ	: Tegangan torsi
d_f	: Diameter flange
Q_i	: Kapasitas ideal
c_m	: Koeffisiensi kecepatan
k_m	: Komponen merediam
c_o	: Kecepatan absolute
H_{lh}	: Head teoritis
z	: sudu
ω_1	: Koeffisiensi kecepatan
S_{u1}	: Proyeksi tebal sudu pada diameter dalam
S_{u2}	: Proyeksi tebal sudu pada diameter luar
u_1	: Kecepatan keliling masuk
c_1	: Kenaikan Kecepatan masuk impeller
t_1	: Pitch antara sudu pada diameter dalam
t_2	: Pitch antara sudu pada diameter luar
u_2	: Kecepatan keliling keluar
c_2	: Kenaikan Kecepatan keluar impeller

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air merupakan unsur terpenting bagi kelangsungan hidup di muka bumi. Sebab tanpa air kehidupan di muka bumi ini tidak akan ada. Semua makhluk hidup selalu memerlukan air untuk bisa tumbuh dan berkembang secara wajar.

Dengan bertambahnya jumlah penduduk mengakibatkan meningkatnya kebutuhan akan air bersih. Selain pertambahan penduduk, ada beberapa faktor lain yang ikut mempengaruhi peningkatan kebutuhan air bersih yang berkaitan dengan aktivitas dan tingkat hidup manusia sendiri.

Seiring meningkatnya penduduk kota Probolinggo yang mengakibatkan kebutuhan air bersih meningkat pula, sementara sarana air bersih dari PDAM masih terbatas.

Dalam melakukan pelayanan air bersih kepada masyarakat, sistem jaringan distribusi dari suatu kesatuan sistem penyediaan air bersih merupakan bagian yang sangat penting. Fungsi pokok dari jaringan pipa distribusi adalah untuk menghantarkan air bersih keseluruh pelanggan dengan tetap memperhatikan faktor kualitas, kuantitas dan tekanan air. Kondisi yang diinginkan oleh seluruh pelanggan adalah ketersediaan air secara terus menerus. (Yuliana Rivai,dkk, 2006).

Namun, hal ini tidak dengan diiringi dengan pertumbuhan sumber-sumber air bersih yang ada. Tidak semua daerah memiliki sumber-sumber air bersih yang

dibutuhkan penduduk daerah sekitar sehingga diperlukan suatu transmisi dari sumber air ke daerah tujuan. Dalam memenuhi kebutuhan air bersih, pemilihan sumber-sumber air sangatlah beresiko karena dengan pesatnya pembangunan maka akan mengakibatkan beban pencemaran air yang semakin meningkat.

Pembangunan di sektor air bersih penting, untuk meningkatkan prasarana, kuantitas air bersih disamping mempunyai kualitas sektor perkotaan, baik terhadap sektor kesehatan, sektor ekonomi dan sektor lain.

Sumber Daya Alam yang sangat diperlukan oleh masyarakat untuk berbagi kepentingan salah satunya adalah air, sehingga air mempunyai fungsi sosial dan harus dimanfaatkan keuntungannya untuk kesejahteraan rakyat.

Pada umumnya sebagian besar penduduk kota Probolinggo masih menggunakan air tanah untuk memenuhi kebutuhan air bersih sehari-hari. Hal ini disebabkan karena intrusi air laut masih belum mencapai level air tanah dan juga masih sedikitnya industri yang ada. Kuantitas air bersih yang disuplai oleh PDAM kota Probolinggo saat ini masih bisa dipenuhi dan cukup konstan karena penduduk masih banyak yang menggunakan air tanah untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari. Namun, sampai dengan tahun 2022 kebutuhan air bersih akan meningkat karena diiringi jumlah penduduk yang meningkat pula, disamping itu jumlah air tanah yang berkurang akibat kebutuhan sehari-hari.

Dengan demikian berkembangnya wilayah perkotaan kota Probolinggo, maka sudah waktunya untuk mempertimbangkan kuantitas dan tekanan air agar tetap proporsional dan merata untuk di setiap jaringan pipa. Untuk itu diperlukan studi

evaluasi jaringan perpipaan untuk mengetahui tingkat keproporsionalan dan pemerataan kualitas dan tekanan air yang ada diperpipaan. Hal ini dilakukan untuk menghindarkan tidak meratanya tekanan kuantitas air yang diterima oleh para pelanggan, yang nantinya dari studi ini akan direkomendasikan sistem jaringan perpipaan hasil evaluasi.

Berdasarkan alasan-alasan di atas, maka diperlukan suatu analisis perancangan pompa guna pemenuhan pemakaian air bersih yang dapat digunakan untuk menilai kelayakan suatu sistem distribusi untuk penyaluran air bersih. Studi ini hanya dibatasi pada peninjauan secara teknis.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimanakah pengaruh penambahan penduduk terhadap kebutuhan air bersih PDAM Kota Probolinggo pada tahun 2022 ?
2. Bagaimanakah sistem distribusi air bersih pada daerah yang dikaji sampai tahun 2022?
3. Bagaimanakah spesifikasi pompa yang sesuai akan kebutuhan air bersih sampai tahun 2022?
4. Bagaimanakah bentuk impeller pompa yang sesuai dengan spesifikasi pompa yang diinginkan?

1.3 Tujuan dan Manfaat

Tujuan yang hendak dicapai dalam studi ini adalah menganalisa sistem distribusi air minum yang dilakukan PDAM Kota Probolinggo ditinjau dari segi penambahan pelanggan. Hal tersebut berkaitan dengan usaha pemenuhan kebutuhan air bersih agar menjadi optimal pada masa-masa mendatang dalam usaha pemenuhan target dan peningkatan kuantitas pelayanan konsumen PDAM Kota Probolinggo.

Manfaat studi ini adalah menambah wawasan keilmuan serta sebagai masukan bagi PDAM Kota Probolinggo dalam upaya penyediaan air bersih di Kota Probolinggo secara baik dan benar ditinjau dari segi kuantitas tanpa mengesampingkan aspek pelestarian.

1.4 Batasan Masalah

Mengingat sangat luasnya permasalahan yang bisa didapatkan dalam penelitian ini, maka kami membatasi ruang lingkup permasalahan pada :

- a) Difokuskan pada kebutuhan air bersih (PDAM) untuk masyarakat Kota Probolinggo.
- b) Penelitian pengembangan jumlah pelanggan sampai tahun 2022.
- c) Perkiraan kebutuhan air bersih sampai tahun 2022.
- d) Pemilihan spesifikasi pompa yg sesuai dengan cara kerja pompa dan analisis perhitungan.
- e) Perencanaan hanya pada bentuk impeller pompa sentrifugal.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Studi Kelayakan

Pengembangan secara umum adalah usaha atau cara untuk membuat suatu kegiatan menjadi lebih baik dan sempurna. Adanya pengembangan diharapkan dapat memperluas daerah pelayanan, meningkatkan kapasitas produksi, memberi kontribusi yang lebih besar sebagai pendapatan asli daerah, serta dapat meningkatkan pendapatan dan laba PDAM kota Probolinggo itu sendiri.

Adanya rencana pengembangan ini akan membutuhkan biaya investasi yang sangat besar. Kebutuhan dana yang sangat besar akan menjadi pokok permasalahan bagi PDAM. PDAM kota Probolinggo sendiri berusaha mencari jalan keluar yang efektif dan efisien secara teknis.

Studi kelayakan secara umum adalah suatu kegiatan mendefinisikan pekerjaan/proyek sampai studi tentang kemungkinan pelaksanaan pekerjaan atau pembangunan proyek. Pada hakekatnya studi ingin menentukan suatu gagasan pekerjaan/proyek akan jalan terus atau berhenti. Kalau ingin ditetapkan jalan terus, kemungkinan segera dilaksanakan beberapa waktu kemudian.

Tujuan dilaksanakan studi kelayakan adalah untuk menghindari keterlanjutan investasi yang terlalu besar untuk kegiatan yang ternyata tidak menguntungkan. Tentu saja studi kelayakan ini memakan biaya, tetapi biaya tersebut relative kecil apabila

dibandingkan dengan resiko kegagalan suatu proyek yang menyangkut investasi dalam jumlah yang besar. (Andreas Suhono,dkk 2007).

2.2 Proyeksi Penduduk

Jumlah penduduk yang akan dilayani sampai dengan akhir periode perencanaan perlu diketahui atau dihitung, untuk memperkirakan jumlah atau kuantitas air minum yang harus didistribusikan, karena sebagian besar konsumen air minum adalah konsumen domestik. (Andreas Suhono,dkk 2007).

Dalam memperkirakan jumlah penduduk pada masa yang akan datang ada beberapa cara atau metode yang umum digunakan,diantaranya : (Husaini Usman, 2003).

a. Metode Aritmatik

Metode perhitungan dengan cara aritmetika didasarkan pada kenaikan rata-rata jumlah penduduk dengan menggunakan data terakhir dan rata-rata sebelumnya. Dengan cara ini perkembangan dan penambahan jumlah penduduk akan bersifat linier. Perhitungan ini menggunakan persamaan berikut :

Rumus :

$$P_n = P_o + n.I \quad (2.1)$$

atau

$$I = \frac{P_o - P_t}{t} \quad (2.2)$$

Dimana :

P_n = Jumlah penduduk pada tahun ke-n

P_0 = Jumlah penduduk pada tahun dasar.

P_t = Jumlah penduduk pada tahun terakhir.

I = Rata-rata pertumbuhan penduduk tiap tahun

t = Jumlah interval tahun

Metode ini sangat sesuai digunakan untuk daerah yang mempunyai angka pertumbuhan penduduk yang rendah atau pada daerah-daerah dengan derajat pertumbuhan penduduk mantap apabila jumlah dan kepadatan penduduk menjadi maksimum.

b. Metode Geometris

Perhitungan perkembangan populasi berdasarkan pada angka kenaikan penduduk rata – rata pertahun. Presentase pertumbuhan penduduk rata-rata dapat dihitung dari data sensus tahun sebelumnya. Persamaan yang digunakan untuk metode geometri ini adalah : (Husaini Usman, 2003).

Rumus :

$$P_n = P_0 (1 + r)^n \quad (2.3)$$

Dimana :

P_n = Jumlah penduduk pada tahun ke-n

P_0 = Jumlah penduduk pada tahun dasar

n = Jumlah interval tahun

$$r = \left(\frac{P_o}{P_t} \right)^{1/t} - 1 \quad (2.4)$$

r = laju pertumbuhan penduduk pertahun

c. Metode *Least Square*

Metode ini umumnya digunakan pada daerah yang tingkat pertumbuhan penduduknya cukup tinggi. Perhitungan pertumbuhan jumlah penduduk dengan metode ini didasarkan pada data tahun-tahun sebelumnya dengan mengangap bahwa pertumbuhan jumlah penduduk suatu daerah disebabkan oleh kematian, kelahiran, dan migrasi. Persamaan untuk metode ini adalah :
(Husaini Usman, 2003)

$$P_n = a + b \cdot x \quad (2.5)$$

Dimana :

P_n = Jumlah penduduk tahun ke-n

$$a = \frac{(N)(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{(N)(\sum X^2) - (\sum X)^2} \quad (2.6)$$

$$b = \frac{(\sum X^2)(\sum Y) - (\sum X)(\sum XY)}{(N)(\sum X^2) - (\sum X)^2} \quad (2.7)$$

2.3 Perkiraan Kebutuhan Air Bersih

Untuk merencanakan sebuah pusat air minum, terlebih dahulu harus ditentukan daerah dan jumlah pelanggan yang akan dilayani. Kemudian jumlah air

yang harus di sediakan serta jumlah air baku yang harus disadap dari sumber air yang harus ditentukan.

Dalam merencanakan jumlah penyediaan air, perlu ditaksir keperluan per kapasitas per hari. Jika angka ini dikalikan dengan jumlah pelanggan yang akan dilayani, dapat diperoleh keperluan seluruhnya perhari. Untuk menentukan kapasitas aliran yang diperlukan harus ditaksir pula konsumsi rata-rata dan konsumsi puncak (maksimum) per jam yang dapat terjadi dalam satu hari.

Untuk menentukan jumlah air baku yang akan diambil dari sungai atau dari sumur, perlu diperhitungkan kerugian-kerugian karena kebocoran pada waktu air dijernihkan di pusat penjernihan dan pada waktu didistribusikan kepada konsumen.

Jumlah air baku yang akan diambil dari sumber dapat dihitung dengan cara berikut ini : (Sularso, 2000)

1) Konsumsi harian maksimum per orang

Untuk instalasi baru, harga konsumsi ini harus ditentukan berdasarkan catatan (data) dari kota atau daerah pemukiman lain yang mempunyai karakteristik serta perkembangan yang serupa dengan yang sedang direncanakan. Untuk memperkirakan perlu instalasi dimasa mendatang, perlu didasari catatan dari pengalaman yang baru lalu. Namun sebagai perkiraan pertama dapat dipakai harga standat seperti diberikan pada table 2.1.

2) Konsumsi harian maksimum

Setelah konsumsi harian maksimum per orang ditentukan maka jumlah konsumsi harian maksimum keseluruhan dapat dihitung sebagai berikut :

(konsumsi harian maksimum) = (konsumsi harian maksimum per orang) x
(jumlah pelanggan atau konsumen)

Harga konsumsi harian maksimum tersebut diatas akan dipakai sebagai dasar untuk menentukan besarnya instalasi pusat air minum yang akan direncanakan.

Table 2.1 jumlah kebutuhan air maksimum per orang per hari menurut kelompok jumlah pelanggan.

Jumlah penduduk (1 : 10.000)	Kebutuhan Air (l/orang . hari)
Kurang dari 1	150 – 300
1 – 5	200 – 350
5 – 10	250 – 400
10 – 30	300 – 450
30 – 100	350 – 500
Lebih dari 100	Lebih dari 400

(Sumber : Sularso, 2000)

3) Konsumsi harian rata-rata

Angka ini akan diperlukan untuk menghitung konsumsi energy listrik serta biaya operasi dan pemeliharaan. Besarnya dapat ditaksir sebagai berikut:

(konsumsi harian rata-rata) = (konsumsi harian maksimum) x 0,7 (untuk kota kecil atau sedang), atau 0,8 (untuk kota besar atau kota industri)

4) Konsumsi tiap jam maksimum

Konsumsi ini merupakan kebutuhan puncak dalam jangka satu tahun, dimana akan terjadi laju aliran maksimum pada system distribusi air. Jadi angka ini penting untuk menentukan ukuran pipa dan system distribusi yang akan direncanakan. Adapun cara menaksirnya adalah sebagai berikut :

(konsumsi per jam maksimum) = (konsumsi harian maksimum per 24 jam) x 1,5 (untuk kota kecil atau sedang), atau 1,3 (untuk kota besar atau kota industri).

5) Pompa penyadap dan penyalur

Pompa yang dipakai untuk menyadap air baku dari sumber serta mengalirkannya ke instalasi penjernihan disebut pompa penyadap (*intake*). Adapun pompa yang diperlukan untuk mengalirkan air bersih dari penjernihan ke tendon distribusi disebut pompa penyalur.

Kapasitas pompa ini dapat ditaksir sebagai berikut :

- Jumlah air yang disadap = (konsumsi harian maksimum) x (1,1 – 1,15)
- Faktor perkalian sebesar 1,1 – 1,15 tersebut diatas diambil untuk mengimbangi kebocoran pipa atau pemakaian air kerja dipusat penjernihan.

Pompa penyadap dan pompa penyalur biasanya bekerja tanpa fluktuasi aliran yang cukup berarti. Pada umumnya pompa-pompa ini bekerja dengan beban penuh. Adapun jumlah pompa yang diperlukan

untuk memenuhi jumlah air yang dipompa dapat ditentukan menurut table 2.2.

6) Pompa distribusi

Table 2.2 jumlah pompa terpasang untuk menyadap (*intek*) dan menyalurkan.

Debit yang direncanakan (m ³ /hari)	Jumlah pompa utama	Jumlah pompa cadangan	Jumlah pompa keseluruhan
Sampai 2.800	1	1	2
2.500 – 10.000	2	1	3
Lebih dari 9.000	Lebih dari 3	Lebih dari 1	Lebih dari 4

(Sumber : Sularso, 2000)

Catatan : jumlah pompa penguat (*booster pump*) yang terpasang untuk penyaluran air melalui pipa juga ditentukan berdasarkan tabel ini.

Pompa yang dipakai untuk menyalurkan air bersih dari tendon distribusi ke konsumen disebut pompa distribusi. Untuk menentukan besarnya pompa yang diperlukan, harus diperhatikan 2 hal sebagai berikut :

- Kapasitas total pompa harus dapat memenuhi kebutuhan maksimum (kebutuhan pada titik puncak) dari konsumen.
- Pompa harus dapat bekerja secara efisien pada kebutuhan yang bertambah dari waktu ke waktu.

Untuk memenuhi ke dua keteria diatas pada umumnya diperlukan lebih dari 1 pompa. Pada instalasi konvensional yang standar, biasanya dipakai 2 buah pompa, 1 besar dan 1 kecil. Namun dalam banyak hal akan lebih baik jika dipergunakan beberapa pompa dengan kapasitas yang sama (table 2.3). jika jumlah air yang

didistribusikan sangat besar, akan lebih menguntungkan jika dipakai beberapa pompa yang sama kapasitasnya dengan pengatur putaran untuk melayani konsumsi yang berfluktuasi tiap jam.

Table 2.3 jumlah pompa distribusi terpasang.

Debit yang direncanakan (m ³ /jam)	Jumlah pompa utama	Jumlah pompa cadangan	Jumlah pompa keseluruhan
Sampai 125	2	1	3
120 – 450	Besar 1 Kecil 1	1	Besar 2 Kecil 1
Lebih dari 400	Besar : 3-5 atau lebih Kecil : 1	Besar : 1 atau lebih Kecil : 1	Besar : 4-6 atau lebih Kecil : 2

(Sumber : Sularso, 2000)

Catatan : jumlah pompa penguat yang dipasang untuk pipa distribusi harus ditentukan juga berdasarkan table ini.

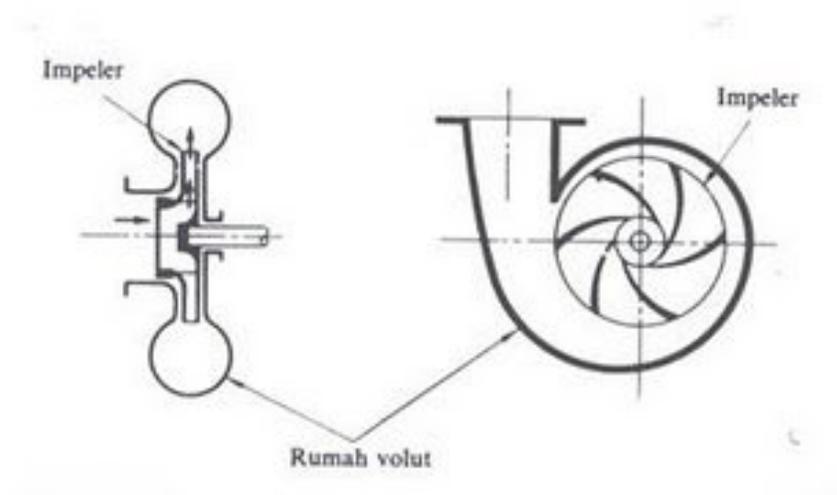
2.4 Pompa

Pompa adalah salah satu jenis mesin fluida yang berfungsi untuk memberikan energi kepada fluida, dimana fluida adalah zat cair, sehingga zat cair tersebut dapat dipindahkan dari suatu tempat ke tempat lain. Dalam operasinya pompa perlu digerakkan oleh suatu penggerak mula, dalam hal ini dapat digunakan motor listrik maupun motor torak. (Sularso, 2000).

1. Pompa sentrifugal

Pompa sentrifugal ialah jenis pompa dimana headnya dibentuk oleh gaya sentrifugal maupun lift yang ditimbulkan oleh sudu-sudu yang berputar. Pompa ini dapat diperlihatkan dalam gambar di bawah, mempunyai sebuah impeller

(baling-baling) untuk mengangkat air dari tempat lebih rendah ke tempat lebih tinggi.



Gambar 2.1 Pompa Sentrifugal
(Sumber : Sularso, 2000)

Daya dari luar diberikan kepada poros pompa untuk memutar impeller pompa. Maka zat cair yang ada di dalam impeller, oleh dorongan sudu-sudu ikut berputar. Karena timbul gaya sentrifugal maka zat cair mengalir dari tengah impeller keluar melalui saluran diantara sudu-sudu. Disinilah head tekanan zat cair menjadi lebih lebih tinggi demikian pula head kecepatannya bertambah besar karena zat cair mengalami percepatan. Zat cair yang keluar dari impeller ditampung oleh saluran berbentuk volut (spiral) dikelilingi impeller dan disalurkan ke luar pompa melalui nosel. Di dalam nosel ini sebagian head kecepatan aliran diubah menjadi head tekan. Jadi impeller pompa berfungsi untuk memberikan kerja kepada zat cair sehingga

energi yang dikandungnya menjadi bertambah besar. Selisih energy satuan berat atau head total zat cair antara flens isap dan flens keluar pompa disebut head total pompa.

Dari uraian di atas jelas bahwa pompa sentrifugal dapat mengubah energy mekanik dalam bentuk kerja poros menjadi energi fluida. Energi inilah yang mengakibatkan penambahan head tekan, head kecepatan, head potensial pada zat cair yang mengalir secara kontinyu. Pada prinsipnya pompa sentrifugal mempunyai dua komponen utama yaitu:

- a. Elemen berputar yang terdiri atas : impeller dan poros
- b. Elemen stasioner (diam) yaitu rumah pompa (*casing*) yang

mengalirkan fluida ke impeller dengan tekanan dan kecepatan tinggi. Bila head pompa hanya ditimbulkan oleh satu impeller saja, maka jenis pompa ini disebut pompa bertingkat satu (*single state*), tetapi bila impellernya lebih dari satu tingkat yang beroperasi secara seri dan digabungkan di dalam satu rumah, dimana sisi isapnya diambil dari sisi pengeluaran impeller sebelumnya maka jenis ini disebut pompa bertingkat ganda (*multy-stage pump*) dan jenis ini dipergunakan bila diinginkan head pompa yang besar. Pompa sentrifugal mungkin bekerja dengan single suction dan double suction, tergantung pada apakah fluida memasuki impeller dari satu atau dua arah aksial. Dalam hal pompa *double suction*, dorongan belakang terhadap poros praktis hilang dan kecepatan masukan impeller berkurang untuk ukuran tertentu.

Jenis pompa sentrifugal banyak digunakan sebagai alat transport fluida karena mempunyai kelebihan-kelebihan sebagai berikut :

- a. Bagian-bagian yang bergerak kurang, karena itu bobot pondasi kecil karena tidak ada gerak bolak-balik yang memberikan gaya pada pondasi.
- b. Dimensi kecil, konstruksinya sederhana dan biaya operasi rendah.
- c. Keausan kecil karena pada bagian dalam tidak ada bagian yang saling bersinggungan.
- d. Dapat dikopel langsung dan mudah disesuaikan dengan putaran tinggi dari motor penggerak.

2.4.1 Kerugian Head (*Head Losses*)

Kerugian head merupakan head untuk mengatasi kerugian-kerugian atau dapat dikatakan bahwa pada saat fluida melewati saluran, energi total yang dipindahkan cenderung berkurang searah aliran. Energi yang ini secara umum dibagi menjadi kerugian gesek (kehilangan akibat gesekan) dan kerugian minor. Kerugian gesek merupakan pengurangan energi untuk dapat mengatasi hambatan pada aliran yang disebabkan karena pergerakan aliran itu sendiri. Kerugian ini disebabkan oleh hambatan antara partikel-partikel fluida ketika bergesekan, berguling, meluncur diantara aliran itu. Hal ini juga ditambah dengan kehilangan energi kinetis akibat adanya benturan aliran fluida yang bergerak dengan kecepatan yang tidak sama. Pada saluran tertutup kerugian head akibat gesekan berbanding langsung dengan panjang

saluran dan kecepatan serta berbanding terbalik dengan diameter saluran. Hal ini dapat dilihat pada persamaan Darcy,

$$h_f = \lambda \frac{L V^2}{D \cdot 2g} \quad (2.8)$$

Dimana :

h_f = Kerugian dalam pipa

D = Diameter pipa

L = Panjang pipa

λ = koefisien kerugian gesek

V = kecepatan air pada pipa

g = percepatan gravitasi

2.4.1.1 Aliran Laminar dan Turbulen

Beberapa tahun yang lalu, Osborne Reynolds telah melakukan beberapa percobaan untuk menentukan kriteria aliran laminar dan turbulen. Reynolds menemukan bahwa aliran selalu menjadi laminar, jika kecepatan alirannya diturunkan sedemikian rupa sehingga bilangan Reynolds lebih kecil dari 2000 ($Re < 2300$). Begitupula dikatakan alirannya turbulen, pada saat bilangan Reynolds lebih besar dari 4000 ($Re > 4000$). Dan jika bilangan Reynolds berada diantara 2300 dan 4000 ($2300 < Re < 4000$) maka aliran tersebut adalah aliran yang berada pada daerah transisi.

Aliran fluida dikatakan laminar jika lapisan fluida bergerak dengan kecepatan yang sama dan dengan lintasan partikel yang tidak memotong atau menyilang atau dapat dikatakan bahwa alirannya berlapis-lapis. Sedangkan aliran turbulen ditandai dengan adanya ketidak beraturan atau fluktuasi di dalam aliran fluida (bergejolak). Karena aliran fluida pada aliran laminar bergerak dalam lintasan yang sama / tetap maka aliran laminar dapat diamati. Pada aliran turbulen partikel fluida tidak membuat frekuensi tertentu dan tidak memperlihatkan pola gerakan yang dapat diamati. Aliran turbulen hampir dapat dijumpai pada setiap praktek hidrolika dan diantara laminar dengan turbulen terdapat daerah yang dikenal dengan daerah transisi.

Daerah transisi dari aliran laminar dan aliran turbulen terbentuk karena adanya bilangan Reynolds tertentu pada aliran laminar menjadi tidak stabil, jika suatu gangguan kecil diberikan pada aliran, pengaruh aliran ini semakin besar dengan bertambahnya gangguan. Suatu aliran dikatakan stabil bila gangguan – gangguan diredam. Ternyata pada waktu di bawah bilangan Reynolds tertentu aliran pipa yang laminar bersifat stabil untuk tiap gangguan yang kecil. Karena transisi tergantung pada gangguan-gangguan yang dapat berasal dari luar atau karena kekasaran permukaan pipa, transisi tersebut dapat terjadi dalam selang bilangan Reynolds. Dan telah diketahui bahwa aliran laminar pada kondisi dimana bilangan Reynolds lebih kecil dari 2300 ($Re < 2300$) dan turbulen jika bilangan Reynolds lebih besar dari 4000 ($Re > 4000$). Dan jika bilangan Reynolds berada diantara 2300 dan 4000 ($2300 < Re < 4000$) adalah merupakan daerah transisi.

Dalam aliran laminar, koefisien kerugian gesek untuk pipa (λ) dalam dapat dinyatakan dengan :

$$\lambda = \frac{64}{R_e} \quad (2.9)$$

Dimana :

λ = koefisien kerugian gesek

R_e = Bilangan Reynolds

Untuk menghitung kerugian gesek dalam pipa pada aliran turbulen koefisien kerugian gesek untuk pipa (λ) dalam dapat dinyatakan dengan :

$$\lambda = 0,020 + \frac{0,0005}{D} \quad (2.10)$$

Dimana :

λ = koefisien kerugian gesek

D = Diameter pipa

Kerugian yang disebabkan karena hilangnya sebagian energi karena adanya perubahan tiba-tiba pada bentuk aliran, seperti adanya penghalang pada garis aliran atau perubahan pada kecepatan dan arah fluida disebut sebagai kerugian minor.

Kerugian ini biasanya diukur pada konstruksi pipa seperti pada :

1. Lubang masuk atau lubang keluar
2. Katup –katup

3. Sambungan –sambungan
4. Belokan
5. Tahanan pada saluran masuk
6. Penyusutan atau pemuaiian tiba-tiba

Kerugian ini dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

(Sularso , 2000)

$$h_L = K_L \frac{(v_1 - v_2)^2}{2g} \quad (2.11)$$

Dimana :

h_L = Kerugian akibat kontraksi pada pipa

K_L = Ketetapan akibat kontraksi pada pipa

$V_1 = V_2$ = kecepatan aliran pada pipa

g = Percepatan gravitasi

2.4.2 Perhitungan Pompa

Untuk mengetahui suatu perhitungan yang baik bagi pompa, maka harus diketahui kapasitas pompa, head total pompa, daya pompa.

2.4.2.1 Kapasitas Pompa

Berdasarkan debit air yang harus disalurkan maka jumlah pompa dapat ditentukan pula. (Sularso,2000)

a. Debit efektif dalam jam pengoperasian pompa:

$$Q_e = \text{debit air / jam pengoprasian} \quad (2.12)$$

b. Debit efektif tiap pompa yang akan digunakan

Bahwa debit pompa dapat diketahui dengan cara membagi debit yang dibutuhkan (debit efektif) dengan jumlah pompa yang akan dipakai (Tahara,Sualrso,2004)

$$Q_{ep} = \frac{\text{debit efektif}}{\text{jumlah pompa}} \quad (2.13)$$

c. Debit teoritis pompa

$$Q_{th} = \frac{Q_{ep}}{\eta_v} \quad (2.14)$$

Dimana : Q_{ep} = Debit efektif pompa

η_v = Efisiensi volumetric

2.4.2.2 Head Total Pompa

Head total pompa dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$H = ha + hl + \frac{V_d^2}{2g} \quad (2.15)$$

Dimana :

V_d = Kecepatan aliran rata-rata pada pipa (m/s)

ha = Perbedaan tinggi antara muka air disisi keluar dan disisi hisap (m)

hl = berbagai kerugian head di pipa (m)

g = percepatan gravitasi

1) Kecepatan aliran dalam pipa

a) Kecepatan air pada pipa hisap

$$V_s = \frac{4Q_{ep}}{\pi D_s^2} \quad (\text{m/s}) \quad (2.16)$$

Dimana :

Q_{ep} = Kapasitas efektif pompa

D_s = Diameter pipa hisap

b) Kecepatan air pada pipa tekan

$$V_d = \frac{4Q_{ep}}{\pi D_d^2} \quad (\text{m/s}) \quad (2.17)$$

Dimana :

Q_{ep} = Kapasitas efektif pompa

D_d = Diameter pipa tekan

2) Karakteristik aliran dalam pipa

a) Untuk pipa hisap

$$R_e = \frac{V_s D_s}{\nu} \quad (2.18)$$

Dimana :

R_e = Bilangan Renold

D_s = Diameter pipa hisap

V_s = Kecepatan aliran pada pipa hisap

ν = viskositas kinematis air

b) Untuk pipa tekan

$$R_e = \frac{V_d D_d}{\nu} \quad (2.19)$$

Dimana :

R_e = Bilangan renold

D_d =Diameter pipa tekan

V_d = Kecepatan aliran pada pipa tekan

ν = viskositas kinematis air

3) Kerugian dalam pipa

a) Kerugian dalam pipa hisap

$$h_{fs} = \lambda \frac{L_s V_s^2}{D_s \cdot 2g} \quad (2.20)$$

Dimana :

h_{fs} = Kerugian dalam pipa hisap

D_s = Diameter pipa hisap

L_s = Panjang pipa hisap

λ = koefisien kerugian gesek

V_s = kecepatan air pada pipa hisap

g = percepatan gravitasi

b) Kerugian dalam pipa tekan

$$h_{fd} = \lambda \frac{L_d V_d^2}{D_d 2g} \quad (2.21)$$

Dimana :

h_{fd} = Kerugian dalam pipa tekan

D_d = Diameter pipa tekan

L_d = Panjang pipa tekan

λ = koefisien kerugian gesek

V_d = kecepatan air pada pipa tekan

g = percepatan gravitasi

c) Kerugian akibat kontraksi pada pipa hisap

Kerugian yang dialami pipa hisap ketika mengalami kontraksi (bagian yang menyempit).

$$h_{Ls} = k_L \frac{(v_1 - v_2)^2}{2g} \quad (2.22)$$

Dimana :

h_{Ls} = Kerugian akibat kontraksi pada pipa hisap

k_L = Ketetapan akibat kontraksi pada pipa hisap (0,18)

$v_1 = v_2$ = kecepatan aliran pada pipa hisap

g = Percepatan gravitasi

d) Kerugian akibat kontraksi pada pipa tekan

Kerugian yang dialami pipa tekan ketika mengalami ekspansi (bagian yang melebar).

$$h_{Ld} = k_L \frac{(v_1 - v_2)^2}{2g} \quad (2.23)$$

Dimana :

h_{Ld} = Kerugian akibat kontraksi pada pipa tekan

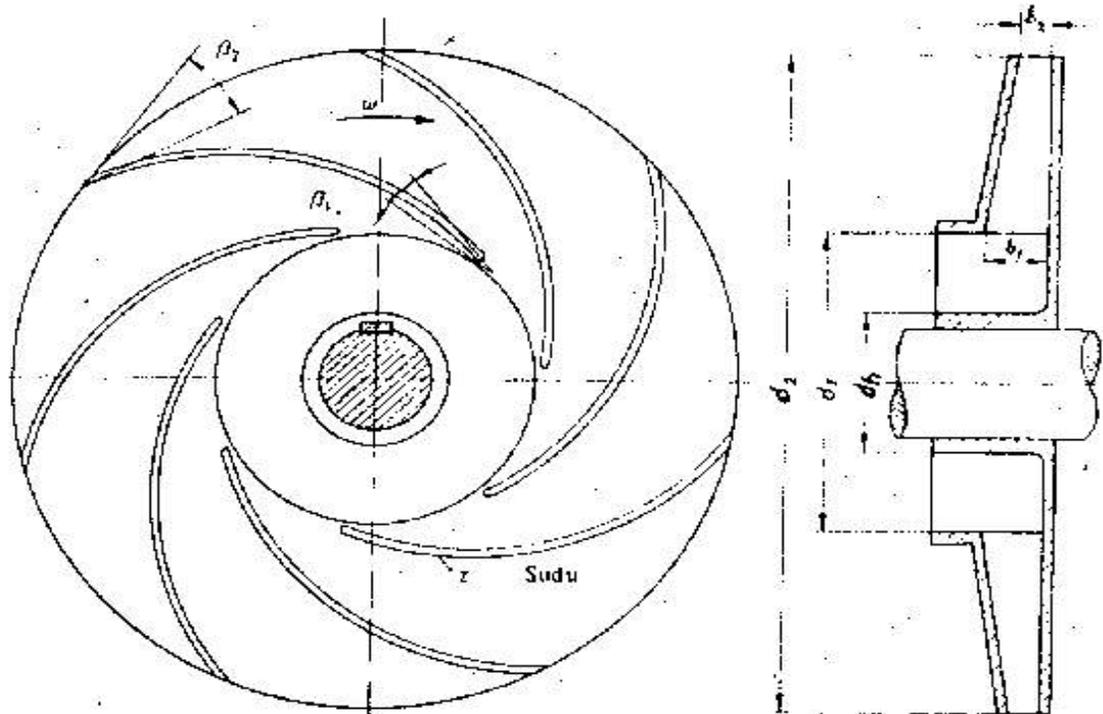
k_L = Ketetapan akibat kontraksi pada pipa tekan (1)

$V_1 = V_2 =$ kecepatan aliran pada pipa tekan

$g =$ Percepatan grafitasi

2.5 Perencanaan Impeller

Perencanaan suatu impeller dimulai dengan penentuan ukuran-ukuran utama impeller sesuai dengan kondisi pemompaan yang diinginkan oleh pemakai program komputer. Setelah penentuan tersebut, barulah bentuk atau dimensi impeller secara keseluruhan dihitung dan digambar.



Gambar 2.2 Ukuran-ukuran utama impeller
(Sumber : Fritz Dietzel, 1988)

Yang dimaksud ukuran-ukuran utama impeller adalah (lihat gambar 2.2).

- Diameter hub impeller, d_h (mm)
- Diameter dalam impeller, d_1 (mm)
- Sudut masuk impeller, β_1 (°)
- Lebar sisi masuk impeller, b_1 (mm)
- Diameter luar impeller, d_2 (mm)
- Sudut keluar impeller, β_2 (°)
- Lebar sisi keluar impeller, b_2 (mm)

Selain itu juga dilakukan penghitungan variabel lain yaitu :

- Daya motor penggerak pompa, P_m (Hp)
- Diameter shaft/poros, d_{sh} (mm)

2.5.1 Masukan yang diperlukan

Masukan yang diperlukan adalah pengisian data-data untuk merancang impeller, mengenai kondisi pemompaan air yang diharapkan dan hal lainnya, yaitu :

- Kapasitas air yang dipompa, Q (m^3/jam)
- Head total yang diperlukan, H (m)
- Kecepatan motor penggerak, n (rpm)
- Tebal sudu impeller, s (mm)
- Tegangan torsi aman bahan shaft, τ (Kg/cm^2)
- Diameter flange, d_f (mm)

Masukan di bawah ini diisi oleh komputer berdasarkan diagram dan data yang ada. Tetapi jika pemakai program komputer ini ingin memasukkan nilainya sendiri, hal ini juga dimungkinkan. Masukan-masukan tersebut adalah:

- Effisiensi overall pompa, η (%)
- Effisiensi mekanis pompa, η_m (%)
- Effisiensi hidrolis pompa, η_h (%)
- Effisiensi volumetris pompa, η_v (%)
- Diameter shaft, d_{sh} (mm)
- Sudut serang pada sudut masuk, δ_1 ($2^\circ - 6^\circ$)
- Sudut keluar, β_2 (°)

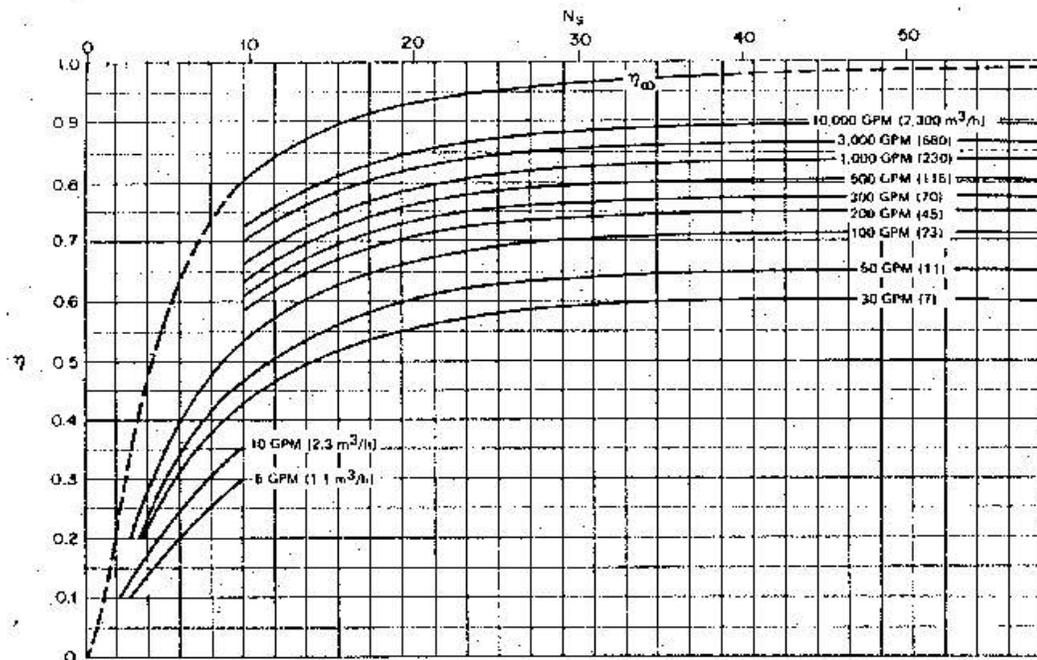
2.5.2 Daya motor penggerak

Perhitungan daya motor penggerak memerlukan data efisiensi overal dari pompa yang akan dibuat. Effisiensi overall dapat diprediksi dari data-data test efisiensi pompa sentrifugal yang dilakukan oleh Wislicenus pada tahun 1947. Versi revisi dengan 528 data dari test efisiensi tersebut diperlihatkan pada gambar 2.3, untuk memprediksikannya diperlukan kecepatan spesifik dari pompa yang akan dibuat.

a) Kecepatan spesifik

$$n_s = \frac{n \cdot \sqrt{Q}}{60 \cdot H^{0,75}} \quad \text{Rpm m}^{3/4} \text{det}^{-1/2} \quad (2.24)$$

Angka 60 adalah faktor konversi, sehingga satuan kecepatan spesifik sesuai dengan satuan pada gambar 2.3. Satuan variabel lainnya sesuai dengan satuan masukan.



Gambar 2.3 Effisiensi Overall
(Sumber : Fritz Dietzel, 1988)

b) Daya proses

$$P_{sh} = \frac{g \cdot \gamma \cdot Q \cdot H}{1000 \cdot \eta_{\omega}} \quad \text{Hp} \quad (2.25)$$

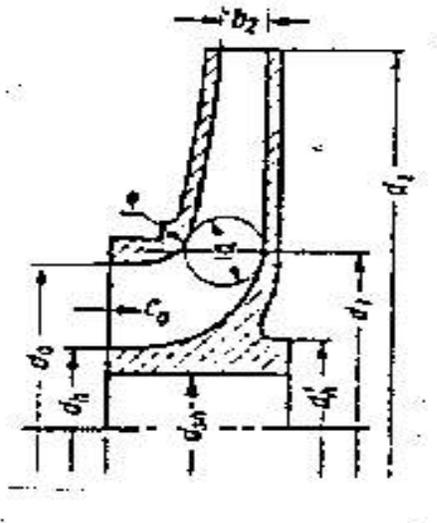
Notasi γ menyatakan berat jenis air yang dipompa yaitu 1000 kg/m^3 , sedangkan angka 3600 adalah konversi.

c) Daya motor penggerak

$$P_m = 1,15 \cdot P_{sh} \quad \text{Hp} \quad (2.26)$$

Dengan demikian motor penggerak mempunyai daya cadangan sebesar 15% dari daya yang digunakan.

2.5.3 Diameter Hub



Gambar 2.4 Profil Impeller Centrifugal
(Sumber : Fritz Dietzel, 1988)

Dalam perencanaan ini diasumsikan shaft menerima beban torsi murni saja.

a) Diameter shaft

$$d_{sh} = 10 \cdot \sqrt[3]{\frac{361475 \cdot P_m}{\tau \cdot n}} \text{ mm} \quad (2.27)$$

Angka 36475 adalah faktor konfersi.

b) Diameter hub

$$d_h = 1,4 \cdot d_{sh} \text{ mm} \quad (2.28)$$

Diameter hub ditentukan lebih besar 40% daripada diameter shaft, dengan perkiraan kekuatan hub telah mencukupi. Disini tidak dibahas cara mendapatkan diameter hub yang pasti dan tepat.

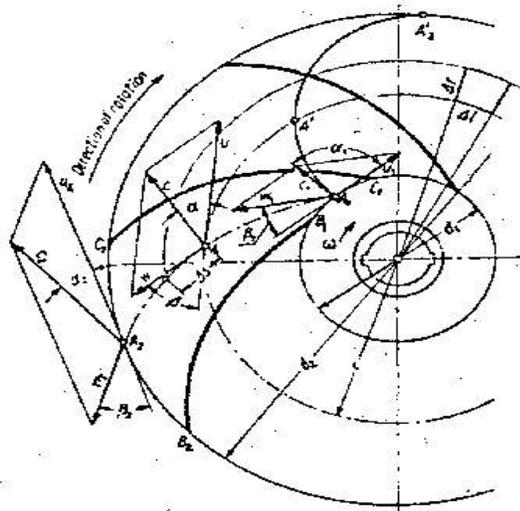
c) Diameter Hisap

$$D_s = \sqrt{\frac{4 \times Q \cdot}{\pi \times C_o} + D_h^2} \quad \text{mm} \quad (2.29)$$

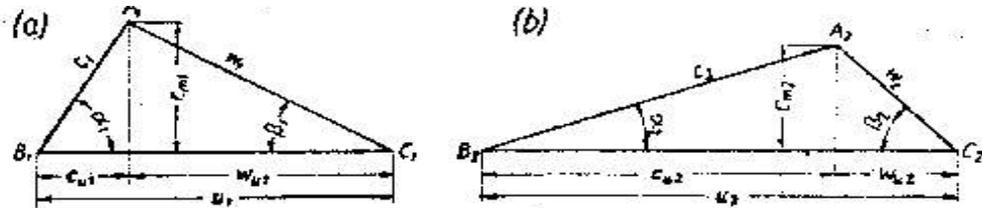
2.5.4 Diameter Dalam Impeller

a) Segitiga kecepatan

Perhitungan desain sebuah pompa centrifugal harus memperhatikan segitiga kecepatan dari aliran di dalam pompa. Gambar 2.5 memperlihatkan kecepatan-kecepatan yang timbul pada pompa centrifugal, dan gambar 2.6 memperlihatkan segitiga kecepatan pada inlet dan outlet impeller.



Gambar 2.5 Kecepatan-kecepatan pada impeller
(Sumber : Fritz Dietzel, 1988)

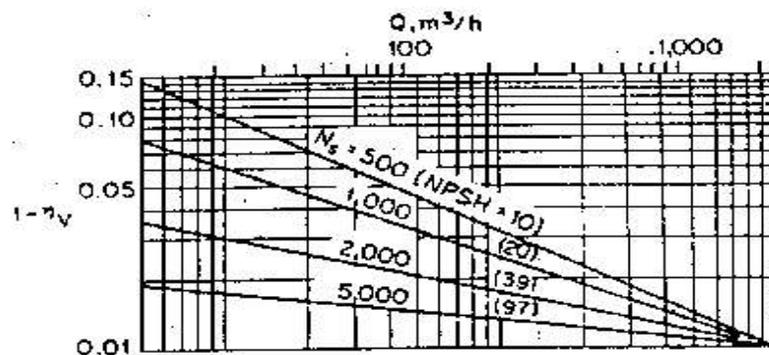


Gambar 2.6 Segitiga kecepatan : (a) inlet (b) outlet
(Sumber : Fritz Dietzel, 1988)

b) Efisiensi Volumetris

Effisiensi volumetris dapat diprediksi dari gambar 2.7 dengan memperlihatkan kapasitas dan kecepatan spesifik. Jika pemakai program komputer memasukkan sendiri efisiensi mekanis dan efisiensi hidrolis, maka efisiensi volumetris dihitung dengan rumus :

$$\eta_v = \frac{\eta}{\eta_h \times \eta_m} \quad (2.30)$$



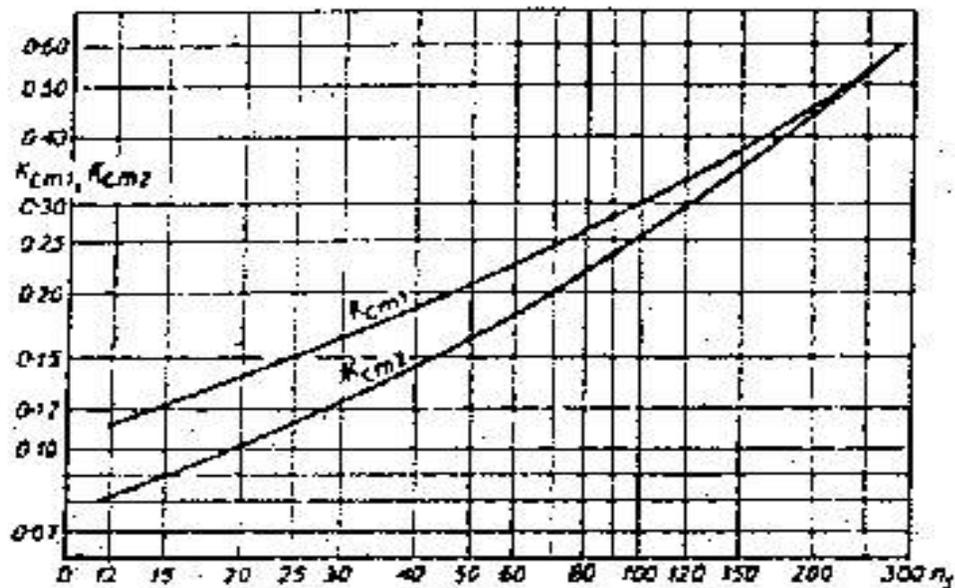
Gambar 2.7 Efisiensi Volumetris
(Sumber : Fritz Dietzel, 1988)

c) Kapasitas Ideal

$$Q_i = \frac{Q}{\eta_v} \quad \text{m}^2/\text{jam} \quad (2.31)$$

d) Koeffisien Kecepatan

Koeffisien kecepatan digunakan untuk mencari nilai dari komponen meridian dari kecepatan absolut c_m . Koeffisien kecepatan dari gambar 2.8 didapat dengan memakai n_a sebagai absis, dimana n_a diambil dari persamaan (2.24). Koeffisien kecepatan K_{cm1} digunakan untuk mencari komponen meridian dari kecepatan absolut pada inlet c_{m1} dan K_{cm2} untuk mencari c_{m2} (dilihat gambar 2.5 dan 2.6).



Gambar 2.8 Koeffisien Kecepatan K_{cm1} dan K_{cm2}
(Sumber : Fritz Dietzel, 1988)

- e) Komponen Meridian dari kecepatan absolut masuk sudu

$$c_{m1} = K_{cm1} \sqrt{2 \cdot g \cdot H} \quad \text{m/det} \quad (2.32)$$

- f) Kecepatan absolut air memasuki impeller

Kecepatan absolut air memasuki impeller (c_o pada gambar 2.4) lebih rendah dari kecepatan air pada inlet pompa karena adanya gangguan aliran disebabkan perputaran shaft.

$$c_o = 0,8 \cdot c_{m1} \quad \text{m/det} \quad (2.33)$$

- g) Diameter dalam impeller

$$d_1 = d_s \quad \text{mm} \quad (2.34)$$

2.5.5 Sudut Masuk Impeller

- a) Kecepatan keliling masuk

$$u_1 = \frac{\pi \cdot d_1 \cdot n}{60.000} \quad \text{m/det} \quad (2.35)$$

Angka 60.000 adalah faktor konversi

- b) Kenaikan kecepatan masuk impeller

$$C_1 = \tau_1 \cdot C_o \quad \text{mm} \quad (2.36)$$

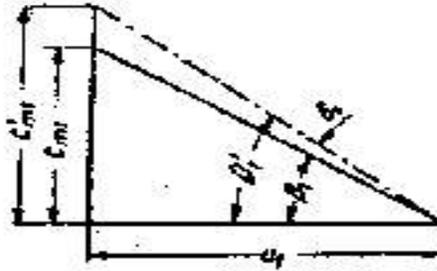
Dimana $\tau_1 = 1,1 - 1,2$

- c) Sudut masuk impeller

Karena telah diasumsikan di muka bahwa air memasuki impeller secara bebas, berarti $\alpha_s = 90^\circ$, maka

$$\beta_2 = \text{Arc tg} \left[\frac{c_{m1}}{u_1} \right] \quad (2.37)$$

Dan $\beta_1 = \beta_2 + \delta_1 \quad (2.38)$

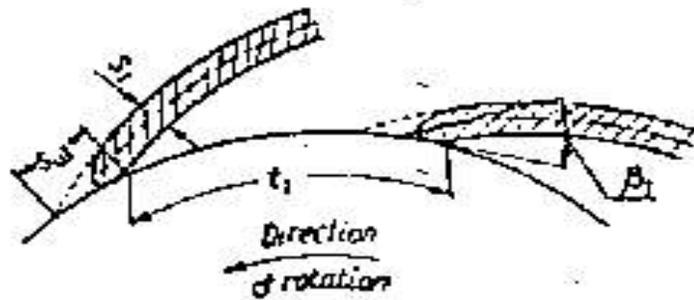


Gambar 2.9 Segitiga kecepatan (inlet) dengan sudut serang
(Sumber : Fritz Dietzel, 1988)

δ_1 (gambar 2.9) pada persamaan (2.39) adalah sudut serang pada sudut masuk yang sebenarnya $2^\circ : 6^\circ$, yang diperlukan untuk mengimbangi kontraksi aliran begitu aliran melewati ujung-ujung sudut. Harga sudut serang makin besar bila (d_1/d_2) makin kecil dan sudut β_1 makin besar.

2.5.6 Lebar Sisi Masuk Impeller

Untuk menghitung lebar sisi masuk impeller b_i harus menentukan jumlah sudut impeller z , karena itu untuk sementara dimisalkan impeller mempunyai sejumlah sudut tertentu. Setelah menghitung diameter luar impeller, jumlah sudut itu akan diperlukan lagi kebenarannya.



Gambar 2.10 Ujung sudu masuk impeller
(Sumber : Fritz Dietzel, 1988)

- a) Pitch antar sudu pada diameter dalam

$$t_1 = \frac{\pi \cdot d_1}{2} \quad \text{mm} \quad (2.39)$$

- b) Proyeksi tebal sudu pada diameter dalam

$$s_{u1} = \frac{s}{\sin \beta_1} \quad \text{mm} \quad (2.40)$$

- c) Koeffisien penyempitan aliran

$$\omega_1 = \frac{t_1}{t_1 - s_{u1}} \quad (2.41)$$

- d) Luas penampang melintang sisi masuk impeller

$$A_1 = \omega_1 \frac{Q_i}{3600 \cdot c_{m1}} \quad \text{m}^2 \quad (2.42)$$

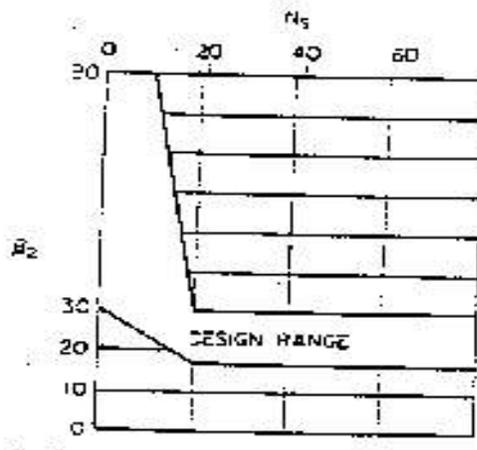
Angka 3600 adalah faktor konversi

e) Lebar sisi masuk impeller

$$b_1 = \frac{Q}{d_1 \cdot \pi \cdot C_1} \text{ mm} \quad (2.43)$$

2.5.7 Sudut Keluar Impeller

Pengaruh sudut β_2 pada head pompa tidak terlalu besar. Kenaikan β_2 secara teoritis menyebabkan kenaikan head pompa, menyebabkan pula penurunan efisiensi hidrolis, yang pada gilirannya juga akan menurunkan head pompa. Berkaitan dengan hal tersebut, beberapa tes telah menunjukkan bahwa variasi sudut β_2 antara $20^\circ - 30^\circ$ tidak memberi dampak yang berarti pada head pompa.



Gambar 2.11 Sudut keluar impeller β_2
(Sumber : Fritz Dietzel, 1988)

Sudut β_2 yang umum di pakai adalah antara $17^\circ - 30^\circ$ dimana didapatkan efisiensi overall terbaik. Tapi sudut β_2 mungkin juga ditentukan di atas harga

tersebut terutama bila dikehandaki head yang sangat besar. Dalam tahap perencanaan, penentuan sudut β_2 dapat memakai gambar 2.11.

2.5.8 Diameter Luar Impeller

- a) Komponen meridian dari kecepatan absolut masuk sudu.

$$c_{m2} = K_{cm2} \sqrt{2 \cdot g \cdot H} \quad \text{m/det} \quad (2.44)$$

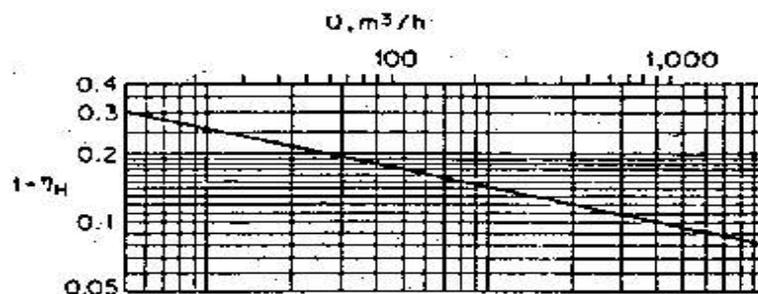
Harga K_{cm2} diambil dari gambar 2.8 , dengan harga n_s .

- b) Effisiensi hidrolis

Bila effisiensi mekanis telah ditentukan oleh pemakai maka effisiensi hidrolis dihitung melalui rumus :

$$\eta_h = \frac{\eta}{\eta_v \times \eta_m} \quad (2.45)$$

Tetapi bila tidak ditentukan, effisiensi hidrolis dapat ditentukan menurut gambar 15.



Gambar 2.12 Effisiensi hidrolis
(Sumber : Fritz Dietzel, 1988)

c) Head teoritis

$$H_{th} = \frac{H}{\eta_h} \quad (2.46)$$

d) Kecepatan keliling keluar impeller.

$$u_2 = \sqrt{g.H} \quad \text{m/det} \quad (2.47)$$

e) Diameter luar impeller

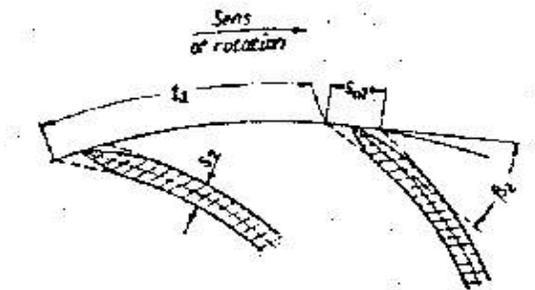
$$D_2 = \frac{60.000.u_2}{\pi.n} \quad \text{mm} \quad (2.48)$$

f) Pemeriksaan harga asumsi z

$$z = 6,5 \frac{d_2 + d_1}{d_2 - d_1} \sin \left[\frac{\beta_1 + \beta_2}{2} \right] \quad (2.49)$$

Bila harga yang didapat dari persamaan (2.50) ini tidak sama dengan harga asumsi z terdahulu maka perhitungan harus di ulang lagi dengan harga asumsi z diambil dari persamaan (2.49) ini.

2.5.9 Lebar Sisi Keluar Impeller



Gambar 2.13 Ujung sudu keluar impeller
(Sumber : Fritz Dietzel, 1988)

Keterangan :

S_{u2} = Proyeksi tebal sudu pada diameter luar

t_2 = Pitch antar sudu diameter luar

β_2 = sudut keluar impeller

s = tebal sudu

a) Pitch antar sudu diameter luar

$$t_2 = \frac{\pi \cdot d_2}{z} \quad \text{mm} \quad (2.50)$$

b) Proyeksi tebal sudu pada diameter luar

$$S_{u2} = \frac{s}{\sin \beta_2} \quad \text{mm} \quad (2.51)$$

c) Koeffisien penyempitan aliran

$$\Omega_2 = \frac{t_2}{t_2 - s_{u2}} \quad (2.52)$$

d) Luas penampang melintang sisi keluar impeller

$$A_2 = \omega_2 \frac{Q_i}{3600 \cdot c_{m2}} \quad \text{m}^2 \quad (2.53)$$

Angka 3600 adalah factor konversi

e) Lebar sisi keluar impeller

$$b_2 = \frac{Q}{d_2 \cdot \pi \cdot C_2} \quad \text{m} \quad (2.54)$$

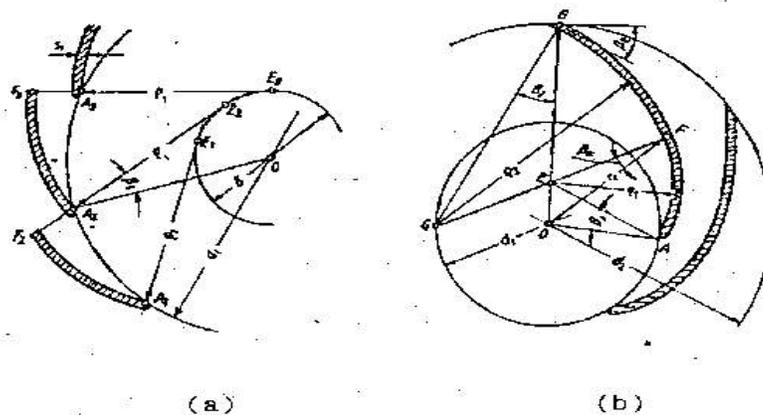
Prinsip perencanaan profil sudu dengan metode busur lingkaran (gambar 2.14) adalah sebagai berikut: dari titik O di gambar garis OK dengan sudut $\beta_1 + \beta_2$ terhadap sembarang garis OB.

Selanjutnya tarik garis lurus BK memotong lingkaran dengan diameter dalam d_1 di titik A. Buat garis tegak lurus AB pada pertengahan garis AB, lalu tarik garis BG dengan sudut β_2 terhadap garis OB atau tarik garis AG dengan sudut β_1 terhadap garis OA. Garis BG atau garis AG akan memotong garis yang pertama di titik G. Titik G adalah titik pusat busur lingkaran AB yang berjari-jari ρ , busur AB merupakan profil sudu impeller.

Jari-jari ρ dapat di hitung dengan rumus :

$$\rho = \frac{1}{2} \frac{r_2^2 - r_1^2}{r_2 \cdot \cos \beta_2 - r_1 \cdot \cos \beta_1} \quad (2.55)$$

2.5.10.2 Metode Dua Busur Lingkaran



Gambar 2.15 Metode dua busur melingkar
(Sumber : Fritz Dietzel, 1988)

Keterangan :

d_1 = diameter dalam impeller

d_2 = diameter luar impeller

β_1 = Sudut masuk impeller

β_2 = Sudut keluar impeller

Prinsip metode dua busur melingkar adalah sebagai berikut :

Lihat gambar 2.15 a, diameter dalam impeller d_1 dibagi menjadi 2 bagian yang sama, didapat titik A_1, A_2, A_3, \dots dari titik tersebut ditarik garis yang menyinggung suatu lingkaran, dengan jari-jari $\delta = d_1 \cdot \sin \beta_1$ sepusat lingkaran impeller, pada titik E_1, E_2, E_3, \dots

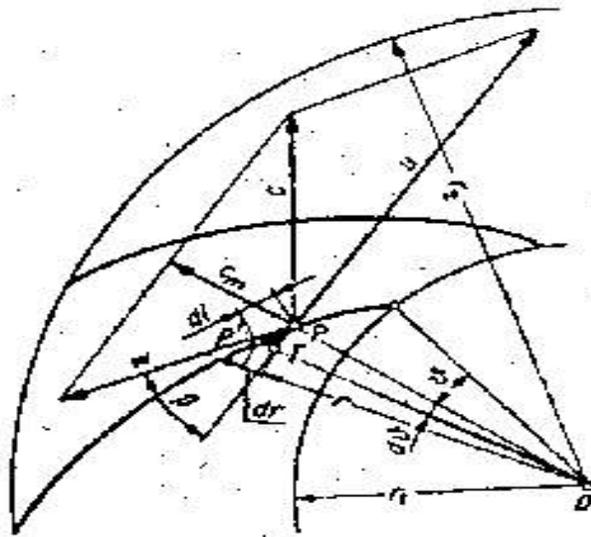
Jari-jari $\rho_1 = E_1A_1 = E_2A_2 = \dots$ adalah jari-jari busur lingkaran profil sudu impeller bagian dalam. Bagian profil sudu sisanya digambarkan dengan busur lingkaran lain yang mempunyai jari-jari ρ_2 (gambar 2.15 b) dan pusat lingkaran G. Titik pusat G adalah perpotongan lingkaran dalam impeller dengan garis BG yang bersudut β_2 terhadap garis OEB.

Jari-jari ρ_2 dapat dihitung dengan rumus :

$$\rho = \frac{1}{2} \frac{r_2^2 - r_1^2}{r_2 \cdot \cos \beta_2 - r_1 \cdot \cos \beta_1} \quad (2.56)$$

2.5.10.3 Metode Titik Per Titik

Metode ini juga dinamakan metode “koordinat polar” karena metode ini menggunakan jari-jari r dan sudut sentral ϕ sebagai penentu titik dalam profil impeller. Titik-titik tersebut kemudian dihubungkan hingga membentuk profil impeller.



Gambar 2.16 Metode titik per titik
(Sumber : Fritz Dietzel, 1988)

Lihat segitiga kecil PP'T pada gambar 2.16 dapat dinyatakan bahwa :

$$PT = r \cdot d\phi \quad (2.57)$$

Dan juga

$$PT = \frac{P'T}{\text{tg } \beta} \quad (2.58)$$

Karena P'T menunjukkan pertambahan jari-jari dr , maka :

$$r.d\varphi = \frac{dr}{\operatorname{tg} \beta}$$

Atau

$$D\varphi = \frac{dr}{r \cdot \operatorname{tg} \beta} \quad (2.59)$$

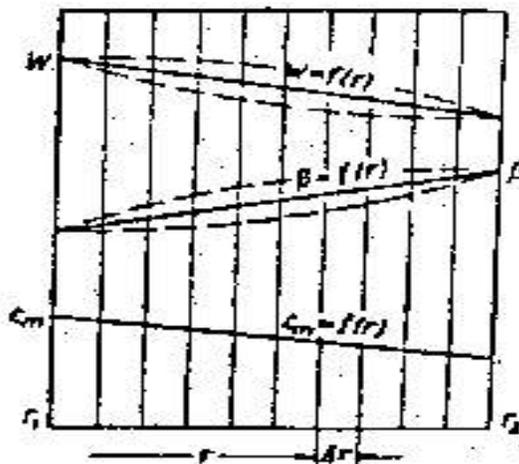
Persamaan (2.62) diintegalkan dengan batas r_1 dan r , lalu dikalikan dengan

$180/\pi$ didapat :

$$\varphi = \frac{180}{\pi} \int_{r_1}^r \frac{dr}{r \cdot \operatorname{tg} \beta} \quad (2.60)$$

Sudut β didapat dengan rumus :

$$B = \operatorname{arc} \sin \frac{c_m}{\omega} \quad (2.61)$$



Gambar 2.17 Variasi w , c_m , dan β terhadap r .
(Sumber : Fritz Dietzel, 1988)

Pada gambar 2.17 dapat dilihat bahwa c_m mempunyai relasi linier dengan r , sedangkan relasi ω dan β dengan r mungkin tidak. Profil sudu akan bertambah panjang bila garis $\omega = f(r)$ melengkung di atas garis liniernya, dan sebaliknya bertambah pendek jika garis $\omega = f(r)$ melengkung ke bawah.

2.6 Hipotesa

Kebutuhan air bersih yang semakin meningkat maka akan dibutuhkan pompa dengan spesifikasi yang lebih tepat pula dan dimensi impeller akan berubah sesuai dengan spesifikasi pompa yang dirancang sehingga kerja pompa lebih optimal.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan April - Agustus 2013 di PDAM Kota Probolinggo.

3.2 Metode Pengambilan Data

Metode yang kami lakukan dalam penelitian ini adalah :

1) Penentuan Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan langsung di Kota Probolinggo dan di PDAM Kota Probolinggo, yaitu dengan cara bertanya langsung dengan karyawan kemudian mengambil data-data yang diperlukan. Selain itu, data-data pelengkap diambil di kantor statistik untuk menunjang penulisan tugas akhir ini.

2) Pengumpulan data

Pengumpulan data ini berupa data-data berdasarkan dari jumlah penduduk, fasilitas-fasilitas di Kota Probolinggo dan rencana tata ruang di Kota Probolinggo sampai tahun 2022 yaitu :

➤ Pengumpulan Data Sekunder

- Kondisi topografi, kependudukan, fasilitas kota.

- Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) 2009-2022.
 - Kondisi pemenuhan air bersih, kapasitas produksi, kapasitas distribusi, sumber air baku, intake, unit produksi, sistem distribusi.
- Pengumpulan Data Primer
- Pengumpulan data ini berupa tingkat permintaan (*demand*) masyarakat, kepuasan masyarakat yang sangat menentukan dalam tahapan peningkatan cakupan pelayanan.
 - Wawancara dengan PDAM yang dilakukan dengan memberikan pertanyaan-pertanyaan yang menyangkut kebutuhan data yang akan digunakan untuk analisis untuk penentuan kebutuhan air bersih.

3) Metode Analisa

Metode analisa yang digunakan pada penelitian ini adalah :

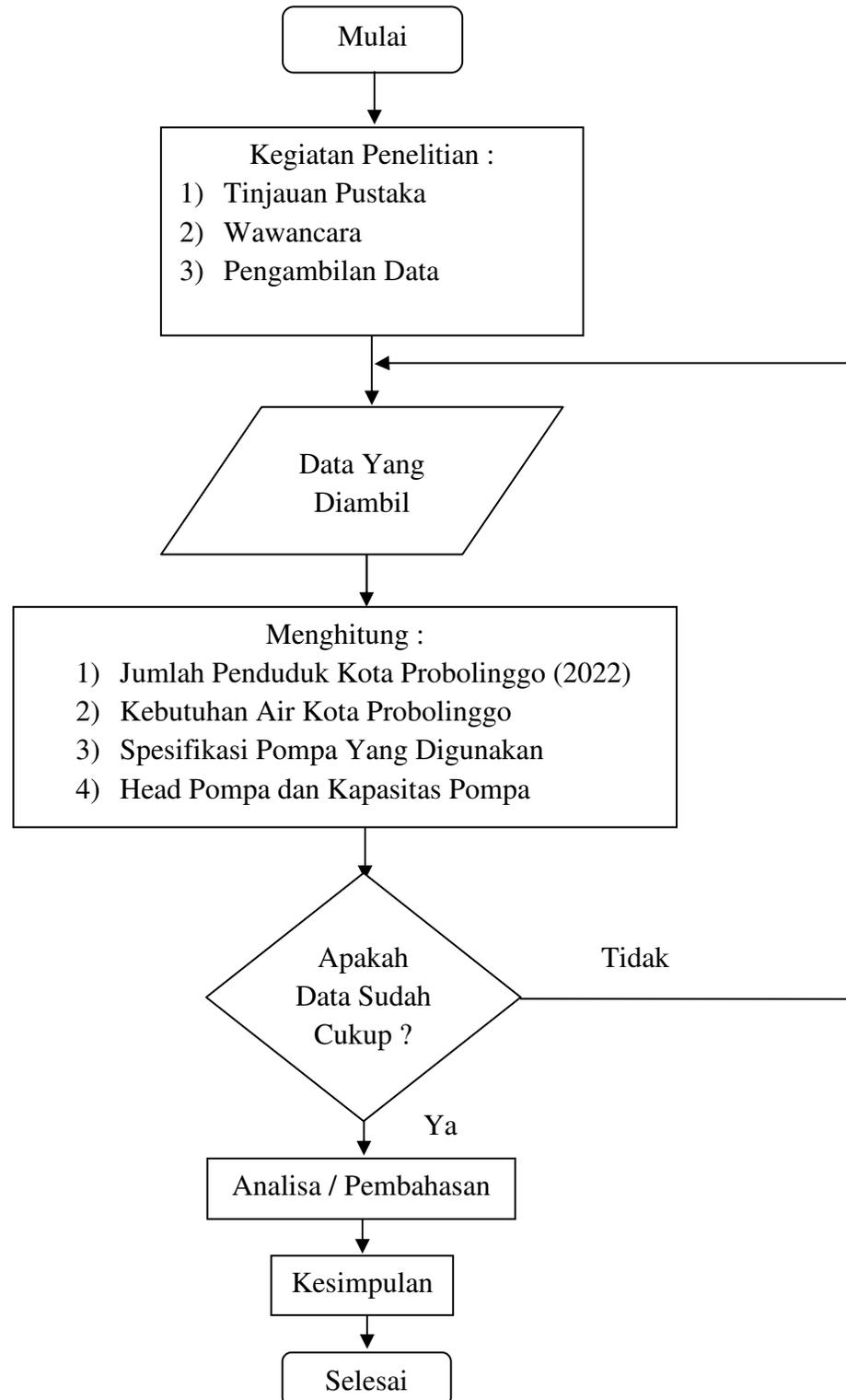
- a) metode perkiraan jumlah penduduk berupa metode Aritmetika, Last-square dan Geometri, dimana nantinya digunakan untuk mengetahui perkiraan total debit air, ditambah penggunaan air oleh fasilitas-fasilitas umum yang ada.

- b) Pemilihan spesifikasi pompa berdasarkan fungsi dan cara kerja pompa.
- c) Perancangan impeller berdasarkan bentuk pompa yang telah ditentukan berdasarkan fungsi dan cara kerja pompa itu sendiri.

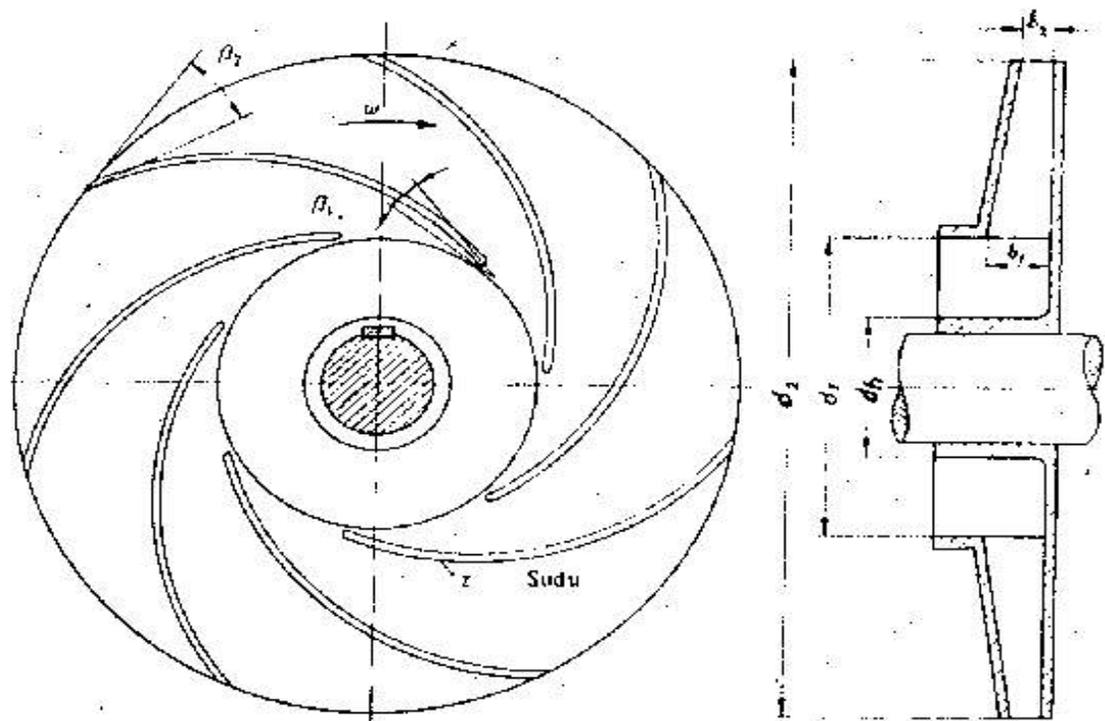
3.3 Prosedur Penelitian

- 1) Menghitung perkiraan jumlah penduduk Kota Probolinggo dengan menggunakan tiga metode yaitu Aritmetika, Last-square dan Geometri. Dan dari ketiga metode ini diambil nilai yang terbesar.
- 2) Menghitung perkiraan kebutuhan air bersih masyarakat Kota Probolinggo berdasarkan proyeksi dari jumlah penduduk dan fasilitas-fasilitas di Kota Probolinggo.
- 3) Penentuan tipe pompa yang akan digunakan untuk pengembangan penyediaan air bersih.
- 4) Analisis perancangan pompa yang telah ditentukan berdasarkan tipe pompa guna untuk pemenuhan kebutuhan air bersih PDAM Kota Probolinggo.

3.4 Flow Chart



4.1.5 Perencanaan Impeller



Gambar 4.1 Ukuran-ukuran utama impeller
(Sumber : Fritz Dietzel, 1988)

4.1.5.1. Masukan yang diperlukan

- Kapasitas air yang dipompa, $Q = 422 \text{ (m}^3\text{/jam)} \approx 0,117 \text{ (m}^3\text{/s)}$
- Head total yang diperlukan, $H = 82 \text{ (m)}$
- putaran motor penggerak, $n = 1500 \text{ (rpm)}$
- Tebal sudu impeller, $s = 5 \text{ (mm)}$
- Tegangan torsi aman bahan shaft (S45C), $\tau = 58 \text{ (Kg/mm}^2\text{)}$
- Diameter flange (mm)

4.1.5.2. Daya Motor Penggerak

a) Kecepatan spesifik

$$n_s = \frac{n \cdot \sqrt{Q}}{H^{0,75}}$$

$$n_s = \frac{1500 \cdot \sqrt{0,117}}{82^{0,75}} = 18,83$$

b) Daya proses

$$P_{sh} = \frac{\gamma \cdot g \cdot Q \cdot H}{1000 \cdot \eta_v}$$

$$P_{sh} = \frac{1000 \cdot 9,81 \cdot 0,117 \cdot 82}{1000 \cdot 0,91} = 103 \text{ HP}$$

c) Daya motor penggerak

$$P_m = 1,15 \cdot P_{sh}$$

$$P_m = 1,15 \cdot 102 = 118 \text{ HP}$$

4.1.5.3. Diameter Hub

a) Diameter shaft

$$D_{sh} = 10 \cdot \sqrt[3]{\frac{361475 \cdot P_m}{\tau \cdot n}}$$

$$d_{sh} = 10 \cdot \sqrt[3]{\frac{361475 \times 118}{58 \times 1500}} = 78 \text{ mm}$$

b) Diameter hub

$$d_h = 1,4 \cdot d_{sh}$$

$$d_h = 1,4 \times 78 = 109 \text{ mm}$$

c) Diameter Hisap

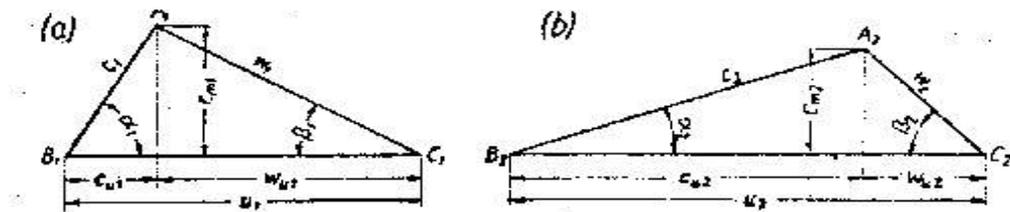
$$D_s = \sqrt{\frac{4 \times Q \cdot}{\pi \times C_o} + D_h^2}$$

$$D_s = \sqrt{\frac{4 \times 0,123}{3,14 \times 4,7} + 0,109^2}$$

$$D_s = \sqrt{0,0459} = 214 \text{ mm}$$

4.1.5.4. Diameter Dalam Impeller

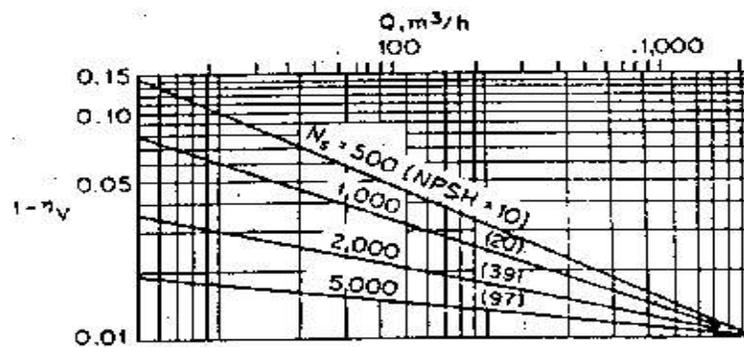
a) Segitiga kecepatan



Gambar 4.2 Segitiga kecepatan : (a) inlet (b) outlet
(Sumber : Fritz Dietzel, 1988)

b) Effisiensi Volumetris

$$\eta_v = \frac{\eta}{\eta_h \times \eta_m}$$



Gambar 4.3 Efisiensi Volumetris
(Sumber : Fritz Dietzel, 1988)

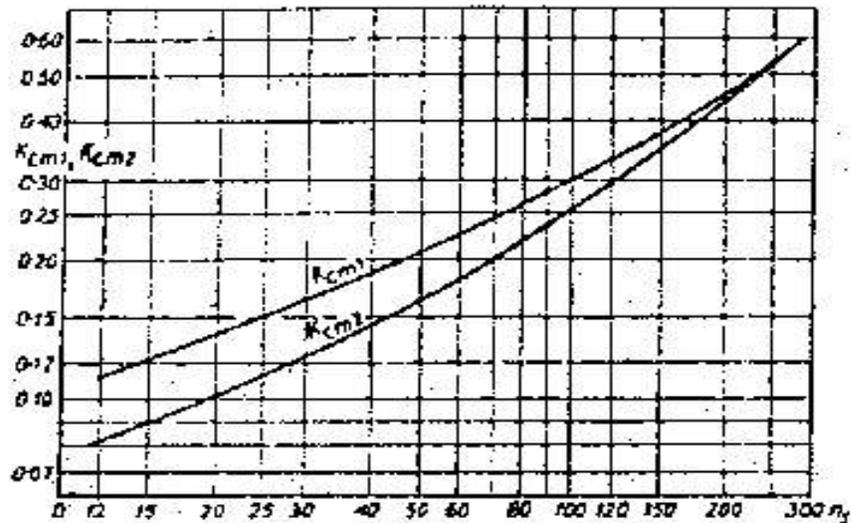
Berdasarkan gambar 4.3, dari $n_s = 18,83$ maka $\eta_v = 1 - 0,09 = 0,91$

c) Kapasitas Ideal

$$Q_i = \frac{Q}{\eta_v}$$

$$Q_i = \frac{422}{0,91} = 464 \text{ m}^3/\text{jam}$$

d) Koefisien Kecepatan



Gambar 4.4 Koefisien Kecepatan K_{cm1} dan K_{cm2}
(Sumber : Fritz Dietzel, 1988)

Koeffisien kecepatan dari gambar 4.4 didapat dengan memakai n_a sebagai absis yaitu $n_s = 18,83$ maka Koeffisien kecepatan $K_{cm1} = 0,13$ dan $K_{cm2} = 0,09$.

e) Komponen Meridian dari kecepatan absolut masuk

$$c_{m1} = K_{cm1} \sqrt{2 \cdot g \cdot H}$$

$$c_{m1} = 0,13 \sqrt{2 \times 9,8 \times 82} = 5,21 \text{ m/det}$$

f) Kecepatan absolut air memasuki impeller

$$c_o = 0,9 \cdot c_{m1}$$

$$c_o = 0,9 \times 5,21 = 4,7 \text{ m/det}$$

g) Diameter dalam impeller

$$d_1 = d_s$$

$$d_1 = 0,214 \text{ m}$$

4.1.5.5. Sudut Masuk Impeller

a) Kecepatan keliling masuk

$$u_1 = \frac{\pi \cdot d_1 \cdot n}{60.000}$$

$$u_1 = \frac{3,14 \times 0,214 \times 1500}{60.000} = 18,4 \text{ m/det}$$

b) Kenaikan Kecepatan Masuk Impeller

$$C_1 = \tau_1 \cdot C_o$$

Dimana $\tau_1 = 1,1 - 1,2$

$$C_1 = 1,2 \cdot 4,7 = 5,6 \text{ m/det}$$

c) Sudut masuk impeller

Karena telah diasumsikan di muka bahwa air memasuki impeller secara bebas, berarti $\alpha_8 = 90^\circ$, maka

$$\beta_1 = \text{Arc tg} \left[\frac{c_1}{u_1} \right]$$

$$\beta_1 = \text{Arc tg} \left[\frac{5,6}{18,4} \right] = 17^\circ$$

4.1.5.6. Lebar Sisi Masuk Impeller

a) Pitch antar sudu pada diameter dalam

$$t_1 = \frac{\pi \cdot d_1}{z}$$

$$t_1 = \frac{3,14 \times 214}{11} = 78 \text{ mm}$$

b) Proyeksi tebal sudu pada diameter dalam

$$S_{u1} = \frac{s}{\sin \beta_1}$$

$$S_{u1} = \frac{5}{\sin 17^\circ} = 17 \text{ mm}$$

c) Koeffisien penyempitan aliran

$$\omega_1 = \frac{t_1}{t_1 - s_{u1}}$$

$$\omega_1 = \frac{78}{78 - 17} = 1,38$$

d) Luas penampang melintang sisi masuk impeller

$$A_1 = \omega_1 \frac{Q_i}{3600 \cdot c_{m1}}$$

$$A_1 = 1,38 \frac{464}{3.600 \times 5,21} = 0,033 \text{ m}^2$$

e) Lebar sisi masuk impeller

$$b_1 = \frac{Q}{d_1 \cdot \pi \cdot C_1}$$

$$b_1 = \frac{0,117}{0,214 \cdot \pi \cdot 3,14 \cdot 5,6} = 0,0384 \text{ m}$$

4.1.5.7. Sudut Keluar Impeller

sudut β_2 antara $20^0 - 30^0$ tidak memberi dampak yang berarti pada head pompa sedangkan sudut β_2 yang umum di pakai adalah antara $17^0 - 30^0$, jadi β_2 yang diambil adalah $\beta_2 = 25^0$.

4.1.5.8. Diameter luar Impeller

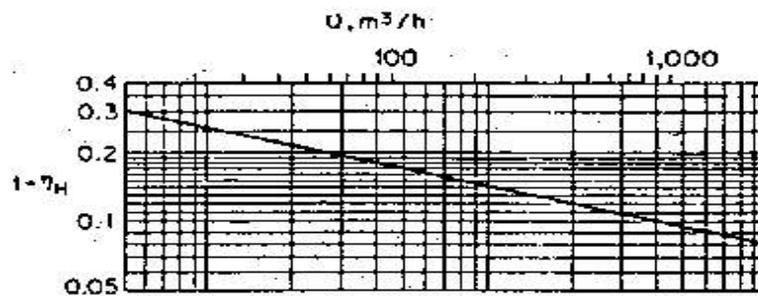
a) Komponen meridian dari kecepatan absolut masuk sudu.

$$c_{m2} = K_{cm2} \sqrt{2 \cdot g \cdot H}$$

$$c_{m2} = 0,09 \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 82} = 3,61 \text{ m/det}$$

b) Effisiensi hidrolis

$$\eta_h = \frac{\eta}{\eta_v \cdot \eta_m}$$



Gambar 4.5 Effisiensi hidrolis
(Sumber : Fritz Dietzel, 1988)

Berdasarkan gambar 4.5, dari $Q = 422\text{m}^3/\text{h}$ maka $\eta_v = 1 - 0,13 = 0,87$

c) Head teoritis

$$H_{th} = \frac{H}{\eta_h}$$

$$H_{th} = \frac{82}{0,87} = 94,25$$

d) Kecepatan keliling keluar impeller.

$$u_2 = \sqrt{H \cdot g}$$

$$u_2 = \sqrt{82 \times 9,81}$$

$$u_2 = 28,4$$

e) Diameter luar impeller

$$d_2 = \frac{60 \cdot u_2}{\pi \cdot n}$$

$$d_2 = \frac{60 \times 28,4}{3,14 \times 1500} = 362 \text{ mm}$$

4.1.5.9. Lebar Sisi Keluar Impeller

a) Pitch antar sudu diameter luar

$$t_2 = \frac{\pi \cdot d_2}{z}$$

$$t_2 = \frac{3,14 \times 362}{11} = 103 \text{ mm}$$

b) Proyeksi tebal sudu pada diameter luar

$$S_{u2} = \frac{s}{\sin \beta_2}$$

$$S_{u2} = \frac{5}{\sin 25^\circ} = 12 \text{ mm}$$

c) Koeffisien penyempitan aliran

$$\omega_2 = \frac{t_2}{t_2 - s_{u2}}$$

$$\omega_2 = \frac{103}{103 - 12} = 1,13$$

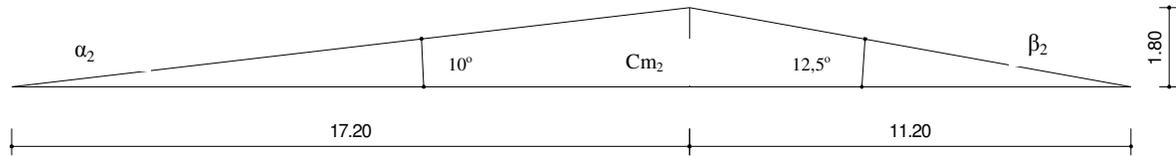
d) Luas penampang melintang sisi keluar impeller

$$A_2 = \omega_2 \frac{Q_i}{3600 \cdot c_{m2}}$$

$$A_2 = 1,13 \frac{464}{3600 \times 3,61} = 0,04 \text{ m}^2$$

e) Lebar sisi keluar impeller

$$b_2 = \frac{Q}{d_2 \cdot \pi \cdot C_2}$$



Gambar 4.6 segitiga kecepatan outlet

$$\sin \alpha_2 = C_{m2} / C_2$$

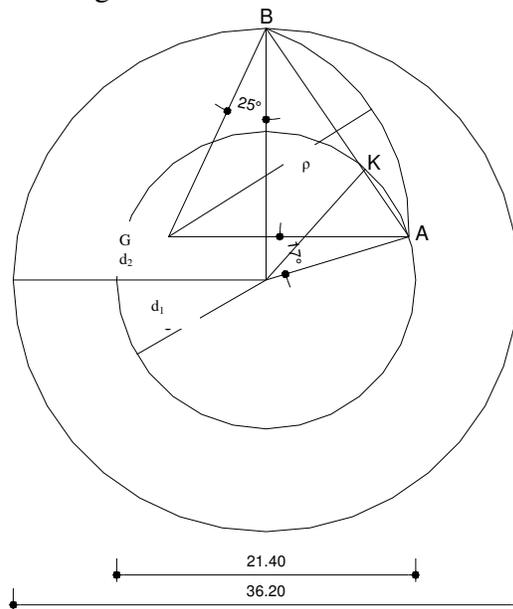
$$C_2 = 3,61 / \sin 20^\circ = 10,6$$

$$b_2 = \frac{0,117}{0,362 \times 3,14 \times 10,6}$$

$$b_2 = 0,015 \text{ m}$$

4.1.5.10. Penentuan Bentuk Impeller

➤ Metode Busur Lingkaran



Gambar 4.7 Metode busur lingkaran

Prinsip perencanaan profil sudu dengan metode busur lingkaran (gambar 4.7) adalah sebagai berikut: dari titik O di gambar garis OK dengan sudut $\beta_1 + \beta_2$ terhadap sembarang garis OB.

Selanjutnya tarik garis lurus BK memotong lingkaran dengan diameter dalam d_1 di titik A. Buat garis tegak lurus AB pada pertengahan garis AB, lalu tarik garis BG dengan sudut β_2 terhadap garis OB atau tarik garis AG dengan sudut β_1 terhadap garis OA. Garis BG atau garis AG akan memotong garis yang pertama di titik G. Titik G adalah titik pusat busur lingkaran AB yang berjari-jari ρ , busur AB merupakan profil sudu impeller. Jari-jari ρ dapat di hitung dengan rumus :

$$\rho = \frac{1}{2} \frac{r_2^2 - r_1^2}{r_2 \cdot \cos \beta_2 - r_1 \cdot \cos \beta_1}$$

$$\rho = \frac{1}{2} \frac{181^2 - 107^2}{181 \times \cos 25^\circ - 107 \times \cos 17^\circ}$$

$$\rho = \frac{1}{2} \frac{32.761 - 11.449}{164,04 - 102,32}$$

$$\rho = \frac{1}{2} \frac{21.312}{61,72} = 172,7 \text{ mm}$$

4.2 Pembahasan

Dari hasil perhitungan didapat penambahan pompa yang sesuai akan kebutuhan air bersih pada tahun 2022 sebanyak 6 buah pompa utama dan 2 buah pompa cadangan. Jenis pompa yang dipilih yaitu pompa sentrifugal dengan alasan dipilihnya pompa sentrifugal dalam perancangan pompa ini jika dibandingkan dengan pompa – pompa lain yaitu :

1. Konstruksinya sederhana dan kuat
2. Operasinya andal
3. Keausan yang terjadi cukup kecil
4. Kapasitasnya besar
5. Jalannya tenang
6. Dapat digunakan untuk suhu tinggi
7. Aliran zat cair tidak terputus – putus
8. Tidak ada mekanisme katup

Jika dibandingkan dengan pompa yang beroperasi saat ini (2012), masih banyak penambahan pompa untuk tahun selanjutnya (2022). Dimana dengan bertambahnya jumlah pelanggan PDAM Kota Probolinggo maka otomatis bertambah pula kebutuhan air bersih yang akan dilayani PDAM Kota Probolinggo. Berdasarkan hasil perhitungan didapat jumlah pelanggan yaitu 31.038 untuk tahun 2022 dengan uraian sebagai berikut :

1. Fasilitas pendidikan
2. Fasilitas kesehatan

3. Fasilitas peribadatan
4. Fasilitas perkantoran
5. Fasilitas rumah tangga
6. Fasilitas pelabuhan

Dengan kapasitas air bersih yang dibutuhkan 2022 yaitu 234,54 l/s dan kapasitas air bersih saat ini (2012) yaitu 150 l/s. Jika dibandingkan kapasitas air bersih yang di produksi oleh PDAM Kota Probolinggo dengan kebutuhan air bersih sampai tahun 2022, maka dapat disimpulkan bahwa kemampuan penyediaan air bersih PDAM belum dapat memenuhi kebutuhan pelanggan sampai tahun 2022 , dimana masih terdapat kekurangan air sebesar 84,54 l/s.

Berdasarkan bentuk impeller yaitu sebagai berikut :

1. Diameter dalam, $d_1 = 0,214$ m
2. Diameter luar, $d_2 = 0,362$ m
3. $\beta_1 = 17^\circ$, $\alpha_1 = 62^\circ$
4. $\beta_2 = 25^\circ$, $\alpha_2 = 20^\circ$
5. $\rho = 172,7$ mm
6. Jumlah sudu, $z = 11$

Dan berdasarkan alasan inilah perlu adanya perubahan pompa dengan spesifikasi pompa sebagai berikut :

Daya motor penggerak	: 118 HP
Head	: 82 m
Kapasitas	: 0,117 m ³ /s
Putaran motor penggerak	: 1500 (rpm)
Temperatur	: 20 °C

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

4.1.1. Perkiraan Jumlah Penduduk Pada Tahun 2022-2023 Yang Akan Datang

Kebijaksanaan kependudukan merupakan faktor yang penting dalam proses perencanaan rencana rata ruang wilayah, karena semua kebijaksanaan yang lain harus bermuara pada peningkatan kesejahteraan penduduk Kota Probolinggo.

Rencana distribusi penduduk kota probolinggo dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.1 Rencana Distribusi Penduduk Tahun 2022-2023

No	Tahapan	Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)
1	Tahap I	2012-2013	219.470
2	Tahap II	2017-2018	222.755
3	Tahap III	2022-2023	226.092

Sumber : RTRW Kota Probolinggo 2022-2023

Rencana kependudukan kota probolinggo tahun 2022-2023 disusun berdasarkan konsep rencana yang telah dibuat. Rencana kependudukan tahun 2022-2023 ditentukan berdasarkan beberapa aspek, diantaranya adalah sebagai berikut :

- a) Intensitas kegiatan kota dan struktur penggunaan lahan pada masing-masing bagian wilayah kota.
- b) Aksesibilitas antara kawasan dengan pusat-pusat pelayanan.
- c) Kepadatan penduduk yang ada saat ini.

4.1.2. Perkiraan Jumlah Pelanggan Pada Tahun 2022 Yang Akan Datang

Dalam membuat perkiraan jumlah pelanggan sampai tahun 2022 dengan menggunakan tiga metode yaitu metode Aritmetika, metode Last-square, dan metode Geometri. Hal tersebut dilakukan untuk membandingkan metode mana yang menghasilkan perkiraan jumlah pelanggan yang paling besar dan selanjutnya akan digunakan sebagai dasar memperkirakan kebutuhan air bersih penduduk pada masa yang akan datang.

Dalam memperkirakan jumlah pelanggan, digunakan data-data jumlah pelanggan sebelumnya. Adapun data-data jumlah pelanggan PDAM Kota Probolinggo yang menjadi data proyeksi adalah dari tahun 2008-2012. Hal ini dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.2 Jumlah pelanggan PDAM Kota Probolinggo

No	Tahun	Jumlah Pelanggan
1	2008	14.001
2	2009	14.663
3	2010	15.781
4	2011	16.366
5	2012	17.086

Data Teknis PDAM Kota Probolinggo.

Metode yang digunakan dalam memperkirakan jumlah pelanggan adalah sebagai berikut :

1. Metode Aritmetika

$$I = \frac{P_o - P_t}{t}$$

$$I = \frac{17.086 - 14.001}{5}$$

$$I = 617$$

Sehingga Persamaan menjadi :

$$P_n = 14.001 + 617 n$$

Dimana :

Untuk tahun 2008, n= 1

Untuk tahun 2009, n= 2

Untuk tahun 2022, n= 15, maka diperoleh :

$$P_{15} = 14.001 + 617 (15)$$

$$P_{15} = 23.256 \text{ jiwa}$$

2. Metode Last-square

Dari data jumlah pelanggan tahun 2008 – 2012, maka tahun dikaji dari X dan jumlah pelanggan dikajikan data Y.

Table 4.3 Penentuan data regresi

No	Tahun	X	Y	X ²	Y ²	XY
1	2008	-4	14.001	16	196.028.001	- 56.004
2	2009	-3	14.663	9	215.003.569	- 43.989
3	2010	-2	15.781	4	249.039.961	- 31.562
4	2011	-1	16.366	1	267.845.956	- 16.366
5	2012	0	17.086	0	291.931.396	0
Σ		-10	77.897	30	1.219.848.883	- 147.921

$$a = \frac{(N)(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{(N)(\sum X^2) - (\sum X)^2}$$

$$a = \frac{(5)(-147.921) - (-10)(77.897)}{(5)(30) - (100)}$$

$$a = 787,3 \text{ jiwa}$$

$$b = \frac{(\sum X^2)(\sum Y) - (\sum X)(\sum XY)}{(N)(\sum X^2) - (\sum X)^2}$$

$$b = \frac{(30)(77.897) - (-10)(-147.921)}{(5)(30) - (100)}$$

$$b = 17.154 \text{ jiwa}$$

sehingga diperoleh :

$$Y = 787,3 X + 17.154$$

X = (2008-2022) = 15, dimana X adalah tahun proyeksi.

Jadi :

$$Y_{15} = 787,3 (15) + 17.154$$

$$Y_{15} = 28.963,5 \text{ jiwa} \approx 28.964 \text{ jiwa}$$

3. Metode Geometri

Dari data jumlah pelanggan PDAM Kota Probolinggo kita dapat menentukan besarnya rasio pertambahan jumlah pelanggan dengan menggunakan rumus :

$$r = \left(\frac{P_o}{P_t} \right)^{1/t} - 1$$

$$r = \left(\frac{17.086}{14.001} \right)^{1/5} - 1$$

$$r = 1,0406 - 1$$

$$r = 0,0406$$

Sehingga jumlah pelanggan sampai tahun 2022 dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$P_n = P_0 (1 + r)^n$$

$$P_{15} = 17.086 (1 + 0,0406)^{15}$$

$$P_{15} = 31.038 \text{ jiwa}$$

Dari hasil perhitungan di atas, bahwa perkiraan jumlah pelanggan PDAM Kota Probolinggo terbesar diperlihatkan pada metode Last-Square. Adapun hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.3 berikut :

Tabel 4.4 Perkiraan jumlah pelanggan PDAM Kota Probolinggo 2013-2022

Tahun	Metode		
	Aritmetika	Last-square	Geometri
2013	17.703	21.878	21.694
2014	18.320	22.665	22.575
2015	18.937	23.452	23.492
2016	19.554	24.240	24.445
2017	20.171	25.027	25.438
2018	20.788	25.814	26.471
2019	21.405	26.602	27.545
2020	22.022	27.389	28.664
2021	22.639	28.176	29.827
2022	23.256	28.964	31.038

4.1.3. Perkiraan Kebutuhan Air Bersih

Perkiraan kebutuhan air bersih untuk masyarakat Kota Probolinggo khusus pelanggan sampai tahun 2022 dapat diketahui dengan berdasarkan proyeksi jumlah pelanggan dan fasilitas – fasilitas yang terdapat pada Kota Probolinggo. Adapun rincian dari perkiraan kebutuhan air bersih masyarakat Kota Probolinggo khususnya pelanggan adalah sebagai berikut :

4.1.3.1. Perkiraan kebutuhan air bersih untuk seluruh Pelanggan

Dari hasil perkiraan jumlah pelanggan, diperoleh bahwa jumlah keseluruhan dari pelanggan PDAM Kota Probolinggo sampai tahun 2022 yaitu sekitar 31.038.

Berdasarkan standar kebutuhan air dapat dilihat dari table 4.4 sebagai berikut :

Tabel 4.5 Penetapan Kebutuhan Air PDAM

NO	URAIAN	RATA-RATA PEMAKAIAN		PENETAPAN KEBUTUHAN AIR	
		Vol	Satuan	Vol	Satuan
1	Rumah Tangga	131,42	l/org.hr	132	l/org.hr
2	Hidran Umum	14,29	l/org.hr	30	l/org.hr
2	Niaga Kecil (50 m ²)	5	l/m ² .hari	5	l/m ² .hari
3	Niaga Besar (400 m ²)	5	l/m ² .hari	5	l/m ² .hari
4	Industri Kecil (<50 org)	40 s/d 400	l/org.hari	40	l/org.hari
5	Sekolah				
	IK	15 s/d 30	l/org.hari	15	l/org.hari
	SD	15 s/d 30	l/org.hari	15	l/org.hari
	SLTP	15 s/d 30	l/org.hari	15	l/org.hari
	SMU	15 s/d 30	l/org.hari	15	l/org.hari
	SMK	15 s/d 30	l/org.hari	15	l/org.hari
	Perguruan Tinggi Negeri	15 s/d 30	l/org.hari	15	l/org.hari
	Perguruan Tinggi Swasta	15 s/d 30	l/org.hari	15	l/org.hari
6	MCK	1303,45	l/unit.hari	1304	l/unit.hari
7	Tempat Ibadah	1097,71	l/unit.hari	1098	l/unit.hari
8	Kelurahan	25 s/d 40	l/org.hari	25	l/org.hari
9	Rumah Yatim Piatu	3828,33	l/unit.hari	3829	l/unit.hari
10	Kantor	2096,69	l/unit.hari	2097	l/unit.hari
11	Kesehatan				
	Rumah Sakit Pemerintah	220 s/d 300	l/bed.hari	220	l/bed.hari
	RSU Swasta	220 s/d 300	l/bed.hari	220	l/bed.hari
	Rumah Sakit Bersalin/ Poliklinik	220 s/d 300	l/bed.hari	220	l/bed.hari
	Puskesmas/pustu	220 s/d 300	l/bed.hari	220	l/bed.hari
12	Pelabuhan	26766,67	l/unit.hari	26767	l/unit.hari

(Yuliana Rivai,dkk, 2006).

4.1.3.2. Fasilitas pendidikan

Seperti diketahui bahwa fasilitas pendidikan yang ada diwilayah perencanaan terdiri atas TK sampai dengan SMA sampai tahun 2022-2023 yaitu sebanyak 62 unit berdasarkan data teknis PDAM Kota Probolinggo dan berdasarkan prediksi penduduk Tahun 2022-2023 dengan usia sekolah mencapai sebesar 22.637 jiwa.

Jadi kebutuhan air untuk fasilitas pendidikan yaitu sebesar :

$$22.637 \times 15 \text{ l/jw/hari} = 339.555 \text{ l/jw/hari}$$

4.1.3.3. Fasilitas kesehatan

Berdasarkan hasil proyeksi fasilitas kesehatan di Kota Probolinggo hingga akhir tahun 2022-2023 adalah sebanyak 33 unit dengan 613 bed berdasarkan data teknis PDAM Kota Probolinggo.

Jadi kebutuhan air untuk fasilitas kesehatan yaitu sebesar :

$$613 \times 220 \text{ l/bed/hari} = 134.860 \text{ l/bed/hari}$$

4.1.3.4. Fasilitas peribadatan

Berdasarkan hasil proyeksi fasilitas peribadatan di Kota Probolinggo hingga akhir tahun 2022-2023 adalah sebanyak 16 unit berdasarkan data teknis PDAM Kota Probolinggo.

Jadi kebutuhan air untuk fasilitas peribadatan yaitu sebesar :

$$16 \times 1098 \text{ l/unit/hari} = 17.568 \text{ l/unit/hari}$$

4.1.3.5. Fasilitas perkantoran

Berdasarkan hasil proyeksi fasilitas perkantoran di Kota Probolinggo hingga akhir tahun 2022-2023 adalah sebanyak 25 unit berdasarkan data teknis PDAM Kota Probolinggo.

Jadi kebutuhan air untuk fasilitas perkantoran yaitu sebesar :

$$25 \times 2.097 \text{ l/unit/hari} = 52.425 \text{ l/unit/hari}$$

4.1.3.6. Fasilitas rumah tangga

Berdasarkan hasil proyeksi fasilitas RT di Kota Probolinggo hingga akhir tahun 2022-2023 adalah sebanyak 30.322 unit berdasarkan data teknis PDAM Kota Probolinggo.

Jadi kebutuhan air untuk fasilitas RT yaitu sebesar :

$$30.901 \times 4 \times 132 \text{ l/org/hari} = 16.315.728 \text{ l/unit/hari}$$

4.1.3.7. Fasilitas pelabuhan

Berdasarkan hasil proyeksi fasilitas pelabuhan di Kota Probolinggo hingga akhir tahun 2022-2023 adalah sebanyak 1 unit berdasarkan data teknis PDAM Kota Probolinggo.

Jadi kebutuhan air untuk fasilitas pelabuhan yaitu sebesar :

$$1 \times 26.767 \text{ l/unit/hari} = 26.767 \text{ l/unit/hari.}$$

Jadi dari jumlah keseluruhan adalah sebagai berikut :

$$\sum R.T + \sum \text{perkantoran} + \sum T.\text{ibadah} + \sum \text{kesehatan} + \sum \text{pendidikan} + \sum \text{Pelabuhan}$$

$$30.901 + 25 + 16 + 33 + 62 + 1 = 31.038 \text{ pelanggan}$$

$$16.315.728 \text{ l/hari} + 52.425 \text{ l/hari} + 17.568 \text{ l/hari} + 134.860 \text{ l/hari} + 339.555 \text{ l/hari} +$$

$$26.767 \text{ l/hari}$$

$$= 16.886.903 \text{ l/hari}$$

$$= 195,45 \text{ l/s}$$

Berdasarkan data diatas maka :

Kapasitas air bersih yang dibutuhkan $Q = 195,45 \text{ l/s}$

Faktor keamanan $Q = 195,45 \times 20 \% = 39,09 \text{ l/s}$

Kapasitas air bersih yang dibutuhkan 2022 $Q_{\text{total}} = 234,54 \text{ l/s}$

Kapasitas air bersih saat ini (2012) $Q_{\text{total}} = 150 \text{ l/s}$

Jadi penambahan debit air $Q = 84,54 \text{ l/s}$

Dengan membandingkan kapasitas air bersih yang di produksi oleh PDAM Kota Probolinggo dengan kebutuhan air bersih sampai tahun 2022, maka dapat disimpulkan bahwa kemampuan penyediaan air bersih PDAM belum dapat memenuhi kebutuhan pelanggan sampai tahun 2022 , dimana masih terdapat kekurangan air sebesar 84,54 l/s.

4.1.4. Perhitungan Pompa

Untuk mengetahui suatu perhitungan yang baik bagi pompa, maka harus diketahui kapasitas pompa, head total pompa, daya pompa.

4.1.4.1. Kapasitas Pompa

Berdasarkan debit air yang harus disalurkan yaitu sebesar $0,23454 \text{ m}^3 / \text{s}$ atau $844,344 \text{ m}^3 / \text{jam}$ atau $20.264,3 \text{ m}^3 / \text{hari}$ maka jumlah pompa yang digunakan adalah 6 buah pompa utama dan 2 pompa cadangan (Tahara, Sularso, 2000)

a. Debit efektif dalam jam pengoperasian pompa:

$$\begin{aligned} Q_e &= 20.264,3 / 8 \text{ m}^3 / \text{hari} \\ &= 2.533 \text{ m}^3 / \text{jam} \\ &= 0,704 \text{ m}^3 / \text{s} \end{aligned}$$

b. Debit efektif tiap pompa yang akan digunakan

Bahwa debit pompa dapat diketahui dengan cara membagi debit yang dibutuhkan (debit efektif) dengan jumlah pompa yang akan dipakai (Tahara, Sularso, 2000)

$$Q_{ep} = \frac{\text{debit efektif}}{\text{jumlah pompa}}$$

$$Q_{ep} = \frac{0,704}{6}$$

$$Q_{ep} = 0,117 \text{ m}^3 / \text{s}$$

c. Debit teoritis pompa

$$Q_{th} = \frac{Q_{ep}}{\eta_v}$$

Dimana :

$$Q_{ep} = \text{Debit efektif pompa} = 0,117 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\eta_v = \text{Efisiensi volumetric (0,90-0,98)} (\text{sumber: Sularso, 2000})$$

$$= \text{diambil } 0,91$$

$$Q_{th} = \frac{0,117}{0,91}$$

$$= 0,129 \text{ m}^3/\text{s}$$

4.1.4.2. Head Total Pompa

Head total pompa dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$H = h_a + h_l + \frac{V_d^2}{2g}$$

Dimana :

V_d = Kecepatan aliran rata-rata pada pipa (m/s)

h_a = Perbedaan tinggi antara muka air di sisi keluar dan disisi hisap (m)

h_l = berbagai kerugian head di pipa, katup, belokan, sambungan, dll (m)

g = percepatan gravitasi = 9,81 (m/s²)

1) Kecepatan aliran dalam pipa

a) Kecepatan air pada pipa hisap

$$V_s = \frac{4Q_{ep}}{\pi D_s^2}$$

Dimana :

$$Q_{ep} = \text{Kapasitas efektif pompa} = 0,117 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$D_s = \text{Diameter pipa hisap} = 0,25 \text{ m} \quad (\text{sumber : Jimly Maindoka, dkk.}$$

2011)

Jadi :

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{4(0,117)}{3,14(0,25)^2} \\ &= 2,385 \text{ m/s} \end{aligned}$$

b) Kecepatan air pada pipa tekan

$$V_d = \frac{4Q_{ep}}{\pi D_d^2}$$

Dimana :

$$Q_{ep} = \text{Kapasitas efektif pompa} = 0,117 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$D_d = \text{Diameter pipa tekan} = 0,30 \text{ m} \quad (\text{sumber : Jimly Maindoka, dkk.}$$

2011)

Jadi :

$$V_d = \frac{4(0,117)}{3,14(0,30)^2} = 1,656 \text{ m/s}$$

2) Karakteristik aliran dalam pipa

a) Untuk pipa hisap

$$Re = \frac{V_s D_s}{\nu}$$

Dimana :

D_s = Diameter pipa hisap = 0,25 m (sumber : Jimly Maindoka, dkk.

2011)

V_s = Kecepatan aliran pada pipa hisap = 2,385 m/s

ν = viskositas kinematis air pada temperatur 20 °

= $1,005 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ (lampiran table 2)

Jadi,

$$Re = \frac{(2,385)(0,25)}{1,005 \times 10^{-6}} = 5,933 \times 10^5$$

Karena $Re > 4000$, maka aliran bersifat turbulen

b) Untuk pipa tekan

$$Re = \frac{V_d D_d}{\nu}$$

Dimana :

D_d =Diameter pipa tekan = 0,30 m (sumber : Jimly Maindoka, dkk. 2011)

V_d = Kecepatan aliran pada pipa tekan = 1,656 m/s

ν = viskositas kinematis air pada temperatur 20 °
 = $1,005 \times 10^{-6}$ m² /s (lampiran table 2)

Jadi,

$$Re = \frac{(1,656)(0,30)}{1,005 \times 10^{-6}} = 4,943 \times 10^5$$

Karena $Re > 4000$, maka aliran bersifat turbulen

3) Kerugian dalam pipa

a) Kerugian dalam pipa hisap

$$h_{fs} = \lambda \frac{L_s V_s^2}{D_s \cdot 2g}$$

Dimana :

D_s = Diameter pipa hisap = 0,25 m (sumber : Jimly Maindoka, dkk. 2011)

L_s = Panjang pipa hisap = 12 m (sumber : data teknis PDAM Kota Probolinggo)

λ = koefisien kerugian gesek

$v = \text{kecepatan air pada pipa hisap} = 2,385 \text{ m/s}$

$g = \text{percepatan gravitasi} = 9,81 \text{ m/s}^2$

Jadi :

$$\lambda = 0,020 + \frac{0,0005}{D}$$

$$\lambda = 0,020 + \frac{0,0005}{0,25}$$

$$= 0,022$$

$$h_{fs} = 0,022 \frac{12 (2,385)^2}{0,25 \times 2 \times 9,81} = 0,306 \text{ m}$$

b) Kerugian dalam pipa tekan

$$h_{fd} = \lambda \frac{L_d V_d^2}{D_d 2g}$$

Dimana :

$D_d = \text{Diameter pipa tekan} = 0,30 \text{ m}$ (sumber : Jimly Maindoka, dkk.

2011)

$L_d = \text{Panjang pipa tekan} = 7750 \text{ m}$ (sumber : data teknis PDAM Kota

Probolinggo)

$\lambda = \text{koefisien kerugian gesek}$

$v = \text{kecepatan air pada pipa tekan} = 1,656 \text{ m/s}$

$g = \text{percepatan gravitasi} = 9,81 \text{ m/s}^2$

Jadi :

$$\lambda = 0,020 + \frac{0,0005}{D}$$

$$\lambda = 0,020 + \frac{0,0005}{0,30}$$

$$= 0,0216$$

$$h_{fd} = 0,0216 \frac{7750 (1,656)^2}{0,30 \times 2 \times 9,81}$$

$$h_{fd} = 77,992 \text{ m}$$

c) Kerugian akibat kontraksi pada pipa hisap

Kerugian yang dialami pipa hisap ketika mengalami kontraksi (bagian yang menyempit) dari diameter (d_1) 0,25 m ke (d_2) 0,214 m akibat penggunaan pompa dengan diameter hisap 0,214 m, maka :

$$h_{Ls} = k_L \frac{(v_1 - v_2)^2}{2g}$$

Dimana :

$$v_1 = \frac{4(0,117)}{3,14(0,214)^2} = 3,254 \text{ m/s}$$

$$v_2 = \frac{4(0,117)}{3,14(0,25)^2} = 2,385 \text{ m/s}$$

$$K_L = 0,18$$

Maka :

$$h_{Ls} = 0,18 \frac{(3,254 - 2,385)^2}{2(9,81)} = 0,016 \text{ m}$$

d) Kerugian akibat kontraksi pada pipa tekan

Kerugian yang dialami pipa tekan ketika mengalami ekspansi (bagian yang melebar) dari diameter (d_1) 0,109 m ke (d_2) 0,30 m akibat penggunaan pompa dengan diameter tekan 0,30 m, maka :

$$h_{Ld} = k_L \frac{(v_1 - v_2)^2}{2g}$$

Dimana :

$$v_1 = \frac{4(0,117)}{3,14(0,109)^2} = 12,457 \text{ m/s}$$

$$v_2 = \frac{4(0,117)}{3,14(0,30)^2} = 1,656 \text{ m/s}$$

$$K_L = 1$$

Maka :

$$h_{Ld} = k_L \frac{(v_1 - v_2)^2}{2g}$$

$$h_{Ld} = 1 \frac{(12,457 - 1,656)^2}{2(9,81)} = 6,046 \text{ m}$$

Jadi, kerugian total adalah :

$$h_l = h_{fa} + h_{fd} + h_{Ls} + h_{Ld}$$

$$h_l = 0,306 + 77,992 + 0,016 + 6,046 = 84,36 \text{ m}$$

Perhitungan Head Total Pompa

$$H = ha + hl + \frac{V_d^2}{2g}$$

Dimana : $V_d = 1,656 \text{ m/s}$

$$ha = -3 \text{ m}$$

$$h_l = 84,605 \text{ m}$$

$$g = 9,81 \text{ (m/s}^2\text{)}$$

$$H = -3 + 84,36 + \frac{(1,656)^2}{2(9,81)} = 81,5 \text{ m} \approx 82 \text{ m}$$

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisis perancangan pompa guna pemenuhan kebutuhan air bersih PDAM Kota Probolinggo, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Kapasitas air yang dibutuhkan masyarakat Kota Probolinggo sampai tahun 2022 yaitu 234,54 l/s, sedangkan kapasitas produksi saat ini 150 l/s, sehingga kapasitas tambahan sebesar 84,54 l/s .
2. Berdasarkan hasil perhitungan Head Total Pompa diperoleh hasil 82 m.
3. Berdasarkan hasil perhitungan untuk setiap kapasitas air yg dipompa yaitu sebesar 422 m³/jam atau 0,117 m³/s
4. Spesifikasi pompa yang digunakan sebagai masukan yaitu :
 - Jenis pompa = pompa sentrifugal
 - Kecepatan motor penggerak, $n = 1500$ (rpm)
 - Tebal sudu impeller, $s = 5$ (mm)
 - Tegangan torsi aman bahan shaft, pipa hisap dan pipa tekan yaitu (S45C),
 $\tau = 58$ (Kg/mm²)
5. Berdasarkan bentuk impeller yaitu :
 - Diameter dalam, $d_1 = 0,214$ m dan diameter luar, $d_2 = 0,362$ m
 - $\beta_1 = 17^\circ$, $\alpha_1 = 62^\circ$, $\beta_2 = 25^\circ$, $\alpha_2 = 20^\circ$
 - $\rho = 172,7$ mm dan jumlah sudu, $z = 11$

5.2 Saran

Bagi peneliti selanjutnya yang ingin melakukan penelitian tentang Analisa Perancangan Pompa diharapkan lebih teliti dalam perhitungan pompa serta memperhatikan masalah yang dapat mempengaruhi hasil perhitungan pompa yang mengakibatkan tidak validnya dengan keadaan pompa yang sebenarnya.

DAFTAR PUSTAKA

Data Teknis PDAM Kota Probolinggo.

Fritz Dietzel. 1988. **Turbin, Pompa dan Kompresor**. Erlangga, Jakarta.

Haruno Tahara, Sularso. 2000. **Pompa dan Kompresor**. Pradnya Paramita, Jakarta.

Husaini Usman, M.Pd. dan R.Purnomo Setiady Akbar, S.Pd., M.Pd. 2003, **Pengantar Statistik**, PT Bumi Aksara, Jakarta.

Jimly Maindoka, Hendra Panjaitan. 2011. Analisis Pemakaian Air Bersih (PDAM) Untuk Kota Pangkep 10 Tahun Ke Depan, Universitas Hasanuddin Makasar.

Nieman, G. 1999. **Elemen Mesin Jilid 1 Desain Kalkulasi Dari Sambungan, Bantalan dan Poros**. Jakarta: Erlangga.

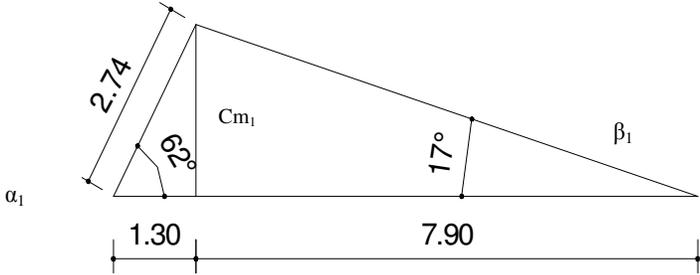
Stepanoff, Alexey J. 1957. **Centrifugal and Axial Flow Pumps**, 2nd ed. New York: John Wiley and Sons.

Stoecker, W. F dkk. 1996, **Refrigerensi dan Pengkondisian Udara**. Erlangga, Jakarta.

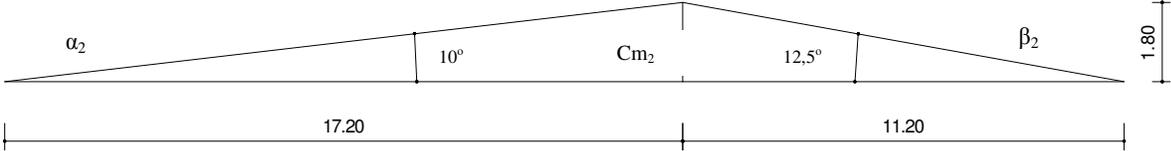
Suhono, Andreas, dkk. 2007. Buku Panduan Pengembangan Air Minum RPIJM. Departemen Pekerjaan Umum.

Yuliana Rivai, Ali Masduki, Bowo Djoko Marsono. 2006. Evaluasi Sistem Distribusi dan Rencana Peningkatan Pelayanan Air Bersih Pdam Kota Gorontalo, Jurnal SMARTek.

C. LAMPIRAN GAMBAR

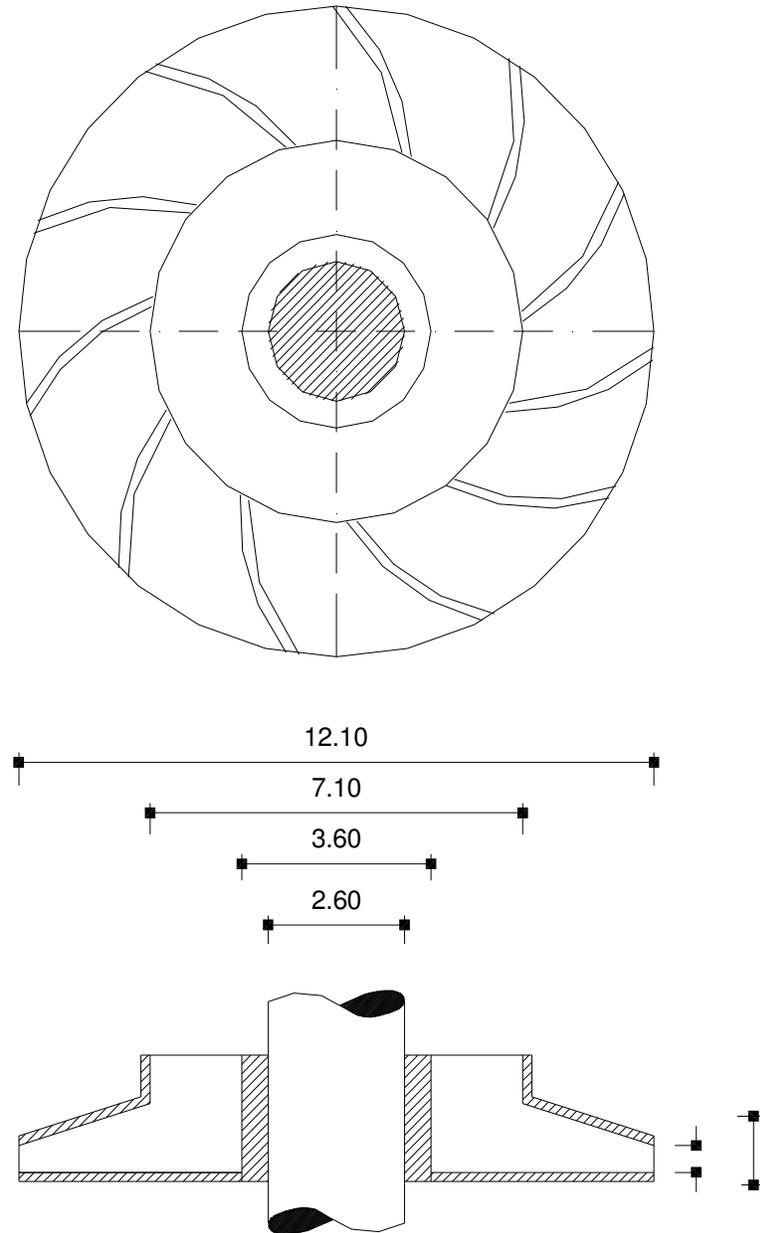


Gambar segitiga kecepatan inlet



Gambar segitiga kecepatan outlet

C. LAMPIRAN GAMBAR



Keterangan :

$$d_1 = 21,4 \text{ cm}$$

$$d_2 = 36,2 \text{ cm}$$

$$d_{sh} = 7,8 \text{ cm}$$

$$d_h = 10,9 \text{ cm}$$

$$b_1 = 3,84 \text{ cm}$$

$$b_2 = 1,5 \text{ cm}$$

C. LAMPIRAN GAMBAR

FRBH **Heavy-Duty Paper Stock** **and Process**



Standards

- Flowserve

Operating Parameters

- Flows to 455 m³/h (2000 gpm)
- Heads to 120 m (400 ft)
- Pressures to 20 bar (285 psf)
- Temperatures from -73°C (-100°F) to 370°C (700°F)
- Motor sizes to 110 kW (150 hp)
- Speeds to 1780 rpm

Features

- Low shear vortex pumping action
- Fractional media contact with the impeller
- Standard CD4MCuN Impeller
- Thick-wall wet end components suitable for light slurries
- Standard Mark 3A power end
 - External micrometer impeller adjustment mechanism
 - Heavy-duty radial and thrust bearings
 - Double lip oil seals
 - Constant level oiler
 - Large, reflective sight glass
- Optional ANSI 3A power end with lifetime warranty
 - Certified clean room assembly
 - Inpro/Seal VBXX Isolators
 - Magnetic drain plug
- SealSentry seal chambers
- Oversized shaft and bearings
- IPS Beacon electronic vibration and temperature condition monitor

Related Configurations

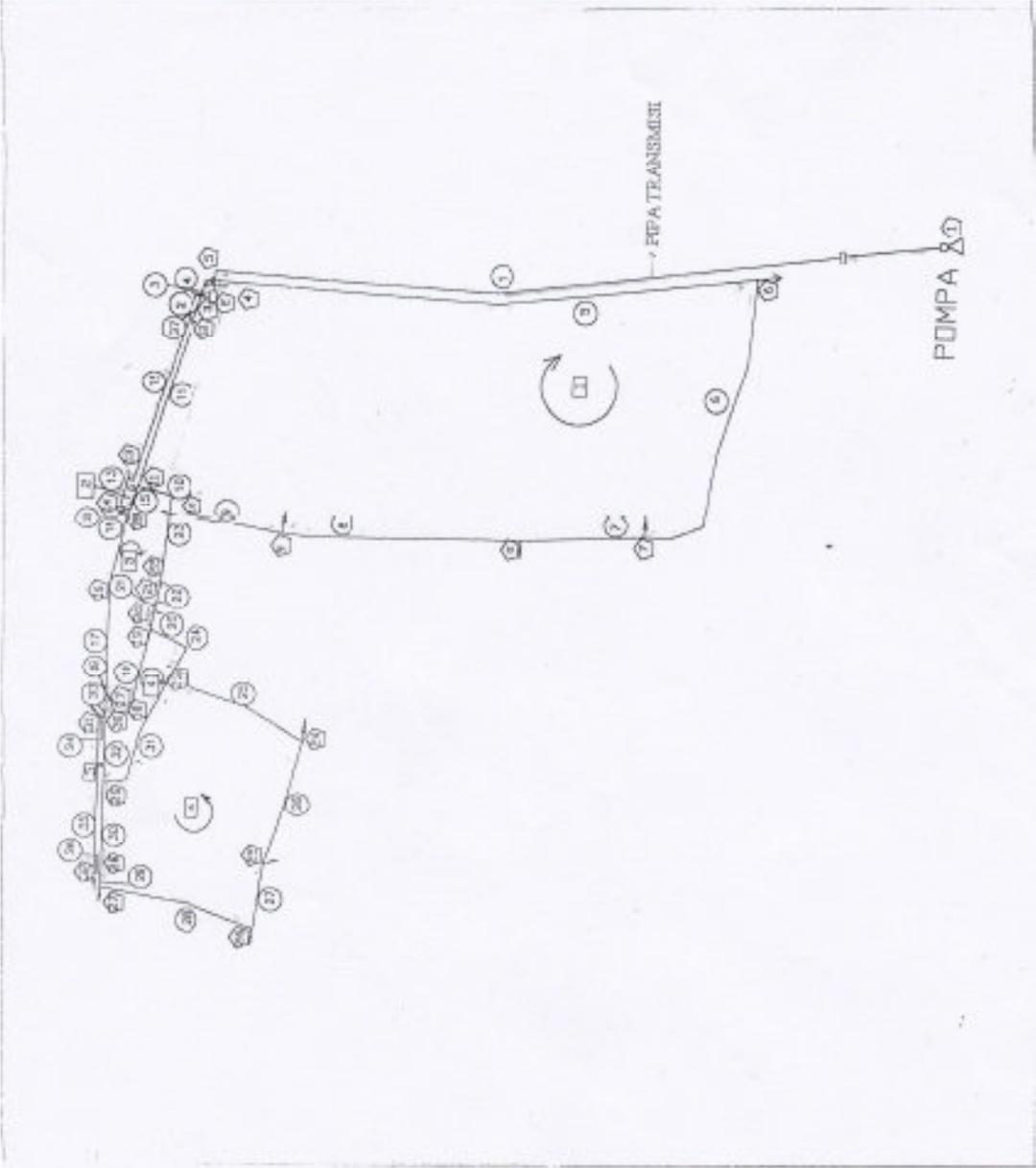
- Mark 3 ASME Standard
- Mark 3 Sealmatic, recessed Impeller

See Bulletin PS-10-13.

C. LAMPIRAN GAMBAR



C. LAMPIRAN GAMBAR



A. LAMPIRAN PERHITUNGAN

Metode yang digunakan dalam memperkirakan jumlah pelanggan adalah sebagai berikut :

1. Metode Aritmetika

$$I = \frac{P_o - P_t}{t}$$

$$I = \frac{17.086 - 14.001}{5}$$

$$I = 617$$

Sehingga Persamaan menjadi :

$$P_n = 14.001 + 617 n$$

Dimana : Untuk tahun 2008, n= 1

Untuk tahun 2009, n= 2

Untuk tahun 2022, n= 15, maka diperoleh :

$$P_1 = 14.001 + 617 (1)$$

$$P_1 = 14.618 \text{ jiwa}$$

$$P_2 = 14.001 + 617 (2)$$

$$P_2 = 15.235 \text{ jiwa}$$

$$P_3 = 14.001 + 617 (3)$$

$$P_3 = 15.852 \text{ jiwa}$$

$$P_4 = 14.001 + 617 (4)$$

$$P_4 = 16.469 \text{ jiwa}$$

$$P_5 = 14.001 + 617 (5)$$

A. LAMPIRAN PERHITUNGAN

$$P_5 = 17.086 \text{ jiwa}$$

$$P_6 = 14.001 + 617 (6)$$

$$P_6 = 17.703 \text{ jiwa}$$

$$P_7 = 14.001 + 617 (7)$$

$$P_7 = 18.320 \text{ jiwa}$$

$$P_8 = 14.001 + 617 (8)$$

$$P_8 = 18.937 \text{ jiwa}$$

$$P_9 = 14.001 + 617 (9)$$

$$P_9 = 19.554 \text{ jiwa}$$

$$P_{10} = 14.001 + 617 (10)$$

$$P_{10} = 20.171 \text{ jiwa}$$

$$P_{11} = 14.001 + 617 (11)$$

$$P_{11} = 20.788 \text{ jiwa}$$

$$P_{12} = 14.001 + 617 (12)$$

$$P_{12} = 21.405 \text{ jiwa}$$

$$P_{13} = 14.001 + 617 (13)$$

$$P_{13} = 22.022 \text{ jiwa}$$

$$P_{14} = 14.001 + 617 (14)$$

$$P_{14} = 22.639 \text{ jiwa}$$

$$P_{15} = 14.001 + 617 (15)$$

$$P_{15} = 23.256 \text{ jiwa}$$

A. LAMPIRAN PERHITUNGAN

2. Metode Last-square

Dari data jumlah pelanggan tahun 2008 – 2012, maka tahun dikaji dari X dan jumlah pelanggan dikajikan data Y.

Table 4.2 Penentuan data regresi

No	Tahun	X	Y	X ²	Y ²	XY
1	2008	-4	14.001	16	196.028.001	- 56.004
2	2009	-3	14.663	9	215.003.569	- 43.989
3	2010	-2	15.781	4	249.039.961	- 31.562
4	2011	-1	16.366	1	267.845.956	- 16.366
5	2012	0	17.086	0	291.931.396	0
Σ		-10	77.897	30	1.219.848.883	- 147.921

$$a = \frac{(N)(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{(N)(\sum X^2) - (\sum X)^2}$$

$$a = \frac{(5)(-147.921) - (-10)(77.897)}{(5)(30) - (100)}$$

$$a = 787,3 \text{ jiwa}$$

$$b = \frac{(\sum X^2)(\sum Y) - (\sum X)(\sum XY)}{(N)(\sum X^2) - (\sum X)^2}$$

$$b = \frac{(30)(77.897) - (-10)(-147.921)}{(5)(30) - (100)}$$

$$b = 17.154 \text{ jiwa}$$

A. LAMPIRAN PERHITUNGAN

sehingga diperoleh :

$$Y = 787,3 X + 17.154$$

Dimana X adalah tahun proyeksi.

$$X = 1 \text{ (2008)}$$

$$X = 2 \text{ (2009)}$$

X = 15 (2022) , maka diperoleh :

$$Y_1 = 787,3 (1) + 17.154$$

$$Y_1 = 17.941,3 \text{ jiwa} \approx 17.941 \text{ jiwa}$$

$$Y_2 = 787,3 (2) + 17.154$$

$$Y_2 = 18.728,6 \text{ jiwa} \approx 18.729 \text{ jiwa}$$

$$Y_3 = 787,3 (3) + 17.154$$

$$Y_3 = 19.515,9 \text{ jiwa} \approx 19.516 \text{ jiwa}$$

$$Y_4 = 787,3 (4) + 17.154$$

$$Y_4 = 20.303,2 \text{ jiwa} \approx 20.303 \text{ jiwa}$$

$$Y_5 = 787,3 (5) + 17.154$$

$$Y_5 = 21.090,5 \text{ jiwa} \approx 21.091 \text{ jiwa}$$

$$Y_6 = 787,3 (6) + 17.154$$

$$Y_6 = 21.877,8 \text{ jiwa} \approx 21.878 \text{ jiwa}$$

$$Y_7 = 787,3 (7) + 17.154$$

$$Y_7 = 22.665,1 \text{ jiwa} \approx 22.665 \text{ jiwa}$$

$$Y_8 = 787,3 (8) + 17.154$$

A. LAMPIRAN PERHITUNGAN

$$Y_8 = 23.452,4 \text{ jiwa} \approx 23.452 \text{ jiwa}$$

$$Y_9 = 787,3 (9) + 17.154$$

$$Y_9 = 24.239,7 \text{ jiwa} \approx 24.240 \text{ jiwa}$$

$$Y_{10} = 787,3 (10) + 17.154$$

$$Y_{10} = 25.027 \text{ jiwa}$$

$$Y_{11} = 787,3 (11) + 17.154$$

$$Y_{11} = 25.814,3 \text{ jiwa} \approx 25.814 \text{ jiwa}$$

$$Y_{12} = 787,3 (12) + 17.154$$

$$Y_{12} = 26.601,6 \text{ jiwa} \approx 26.602 \text{ jiwa}$$

$$Y_{13} = 787,3 (13) + 17.154$$

$$Y_{13} = 27.388,9 \text{ jiwa} \approx 27.389 \text{ jiwa}$$

$$Y_{14} = 787,3 (14) + 17.154$$

$$Y_{14} = 28.176,2 \text{ jiwa} \approx 28.176 \text{ jiwa}$$

$$Y_{15} = 787,3 (15) + 17.154$$

$$Y_{15} = 28.963,5 \text{ jiwa} \approx 28.964 \text{ jiwa}$$

3. Metode Geometri

Dari data jumlah pelanggan PDAM Kota Probolinggo kita dapat menentukan besarnya rasio pertambahan jumlah pelanggan dengan menggunakan rumus :

$$r = \left(\frac{p_o}{p_t} \right)^{1/t} - 1$$

A. LAMPIRAN PERHITUNGAN

$$r = \left(\frac{17.086}{14.001} \right)^{1/5} - 1$$

$$r = 1,0406 - 1$$

$$r = 0,0406$$

Sehingga jumlah pelanggan sampai tahun 2022 dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$P_n = P_0 (1 + r)^n$$

Dimana :

Untuk tahun 2008, $n= 1$

Untuk tahun 2009, $n= 2$

Untuk tahun 2022, $n= 15$, maka diperoleh :

$$P_1 = 17.086 (1 + 0,0406)^1$$

$$P_1 = 17.779,7 \text{ jiwa} \approx 17.780 \text{ jiwa}$$

$$P_2 = 17.086 (1 + 0,0406)^2$$

$$P_2 = 18.501,5 \text{ jiwa} \approx 18.502 \text{ jiwa}$$

$$P_3 = 17.086 (1 + 0,0406)^3$$

$$P_3 = 19.252,7 \text{ jiwa} \approx 19.253 \text{ jiwa}$$

$$P_4 = 17.086 (1 + 0,0406)^4$$

$$P_4 = 20.034,4 \text{ jiwa} \approx 20.034 \text{ jiwa}$$

$$P_5 = 17.086 (1 + 0,0406)^5$$

$$P_5 = 20.847,8 \text{ jiwa} \approx 20.849 \text{ jiwa}$$

A. LAMPIRAN PERHITUNGAN

$$P_6 = 17.086 (1 + 0,0406)^6$$

$$P_6 = 21.694,2 \text{ jiwa} \approx 21.694 \text{ jiwa}$$

$$P_7 = 17.086 (1 + 0,0406)^7$$

$$P_7 = 22.574,9 \text{ jiwa} \approx 22.575 \text{ jiwa}$$

$$P_8 = 17.086 (1 + 0,0406)^8$$

$$P_8 = 23.491,5 \text{ jiwa} \approx 23.492 \text{ jiwa}$$

$$P_9 = 17.086 (1 + 0,0406)^9$$

$$P_9 = 24.445,3 \text{ jiwa} \approx 24.445 \text{ jiwa}$$

$$P_{10} = 17.086 (1 + 0,0406)^{10}$$

$$P_{10} = 25.437,7 \text{ jiwa} \approx 25.438 \text{ jiwa}$$

$$P_{11} = 17.086 (1 + 0,0406)^{11}$$

$$P_{11} = 26.470,5 \text{ jiwa} \approx 26.471 \text{ jiwa}$$

$$P_{12} = 17.086 (1 + 0,0406)^{12}$$

$$P_{12} = 27.545,2 \text{ jiwa} \approx 27.545 \text{ jiwa}$$

$$P_{13} = 17.086 (1 + 0,0406)^{13}$$

$$P_{13} = 28.663,6 \text{ jiwa} \approx 28.664 \text{ jiwa}$$

$$P_{14} = 17.086 (1 + 0,0406)^{14}$$

$$P_{14} = 29.827,3 \text{ jiwa} \approx 29.827 \text{ jiwa}$$

$$P_{15} = 17.086 (1 + 0,0406)^{15}$$

$$P_{15} = 31.038,3 \text{ jiwa} \approx 31.038 \text{ jiwa}$$

A. LAMPIRAN PERHITUNGAN

➤ Lebar Sisi Masuk Impeller

a) Pitch antar sudu pada diameter dalam

$$t_1 = \frac{\pi \cdot d_1}{z}$$

$$t_1 = \frac{3,14 \times 234}{18} = 41 \text{ mm}$$

b) Proyeksi tebal sudu pada diameter dalam

$$S_{u1} = \frac{s}{\sin \beta_1}$$

$$S_{u1} = \frac{5}{\sin 17^\circ} = 17 \text{ mm}$$

c) Koeffisien penyempitan aliran

$$\omega_1 = \frac{t_1}{t_1 - s_{u1}}$$

$$\omega_1 = \frac{41}{41 - 17} = 1,7$$

d) Luas penampang melintang sisi masuk impeller

$$A_1 = \omega_1 \frac{Q_i}{3600 \cdot c_{m1}}$$

$$A_1 = 1,7 \frac{464}{3.600 \times 5,21} = 0,042 \text{ m}^2$$

e) Lebar sisi masuk impeller

$$b_1 = \frac{Q}{d_1 \cdot \pi \cdot C_1}$$

A. LAMPIRAN PERHITUNGAN

$$b_1 = \frac{0,117}{0,234 \cdot 3,14 \cdot 5,6} = 0,0284 \text{ m}$$

➤ Sudut Keluar Impeller

sudut β_2 antara $20^\circ - 30^\circ$ tidak memberi dampak yang berarti pada head pompa sedangkan sudut β_2 yang umum di pakai adalah antara $17^\circ - 30^\circ$, jadi β_2 yang diambil adalah $\beta_2 = 25^\circ$.

➤ Diameter Gambar Impeller

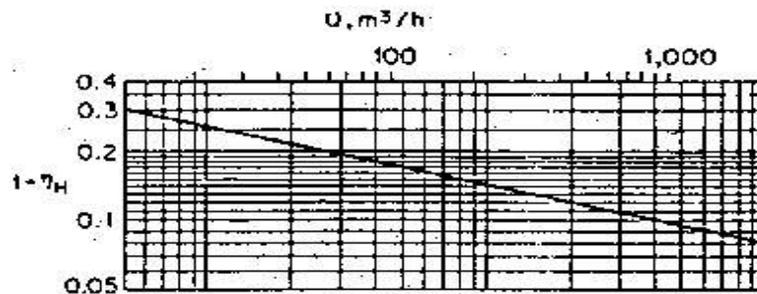
a) Komponen meridian dari kecepatan absolut masuk sudu.

$$c_{m2} = K_{cm2} \sqrt{2 \cdot g \cdot H}$$

$$c_{m2} = 0,09 \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 82} = 3,61 \text{ m/det}$$

b) Effisiensi hidrolis

$$\eta_h = \frac{\eta}{\eta_v \cdot \eta_m} \quad (4.23)$$



Gambar 15. Effisiensi hidrolis

Berdasarkan gambar 15, dari $Q = 422 \text{ m}^3/\text{h}$ maka $\eta_v = 1 - 0,13 = 0,87$

A. LAMPIRAN PERHITUNGAN

c) Head teoritis

$$H_{th} = \frac{H}{\eta_h}$$

$$H_{th} = \frac{82}{0,87} = 94,25$$

d) Kecepatan keliling keluar impeller.

$$u_2 = \sqrt{H \cdot g}$$

$$u_2 = \sqrt{82 \times 9,81}$$

$$u_2 = 28,4$$

e) Diameter luar impeller

$$d_2 = \frac{60 \cdot u_2}{\pi \cdot n}$$

$$d_2 = \frac{60 \times 28,4}{3,14 \times 1500} = 362 \text{ mm}$$

f) Pemeriksaan harga asumsi z

$$z = 6,5 \frac{d_2 + d_1}{d_2 - d_1} \sin \left[\frac{\beta_1 + \beta_2}{2} \right]$$

$$z = 6,5 \frac{362 + 234}{362 - 234} \sin \left[\frac{17 + 25}{2} \right]$$

$$z = 10,89 \approx 11$$

B. LAMPIRAN TABLE

Tabel kerapatan dan kekentalan air pada 1 atm

$T, ^\circ\text{C}$	$\rho, \text{kg/m}^3$	$\mu, (\text{N}\cdot\text{s})/\text{m}^2$	$\nu, \text{m}^2/\text{s}$	$T, ^\circ\text{F}$	$\rho, \text{slug/ft}^3$	$\mu, (\text{lb}\cdot\text{s})/\text{ft}^2$	$\nu, \text{ft}^2/\text{s}$
0	1000	1.788 E-3	1.788 E-6	32	1.940	3.73 E-5	1.925 E-5
10	1000	1.307 E-3	1.307 E-6	50	1.940	2.73 E-5	1.407 E-5
20	998	1.003 E-3	1.005 E-6	68	1.937	2.09 E-5	1.082 E-5
30	996	0.799 E-3	0.802 E-6	86	1.932	1.67 E-5	0.864 E-5
40	992	0.657 E-3	0.662 E-6	104	1.925	1.37 E-5	0.713 E-5
50	988	0.548 E-3	0.555 E-6	122	1.917	1.14 E-5	0.597 E-5
60	983	0.467 E-3	0.475 E-6	140	1.908	0.975 E-5	0.511 E-5
70	978	0.405 E-3	0.414 E-6	158	1.897	0.846 E-5	0.446 E-5
80	972	0.355 E-3	0.365 E-6	176	1.886	0.741 E-5	0.393 E-5
90	965	0.316 E-3	0.327 E-6	194	1.873	0.660 E-5	0.352 E-5
100	958	0.283 E-3	0.295 E-6	212	1.859	0.591 E-5	0.318 E-5

(Sumber : Sularso, 2000)