

ISBN : 978-602-1313-82-4

PLAMBING DAN SANITASI

Bangunan Gedung

Dr. Ir. Darwin, M.Pd.



UNIMED PRESS

PLAMBING DAN SANITASI BANGUNAN GEDUNG

Penulis : Dr. Ir. Darwin, M.Pd

Editor: Prof. Dr. Zainuddin, ST, M.Pd
Prof. Dr. Harun Sitompul, M.Pd

Copyright @ 2015, Pada Penulis
Hal cipta dilindungi undang-undang
All rights reserved

Penata letak: Wira Yolanda
Perancang Sampul: Suwito

Penerbit:
UNIMED PRESS
Gedung Lembaga Penelitian Lantai I
Jl. Willem Iskandar, Pasar V
Kotak Pos 1589 – Medan 20221 Fax. (061) 6614002
Telp. (061) 6613365. Fak (061) 6614002
Contact Person: M. Rizal 0811604291

Cetakan pertama: Februari 2015

ISBN : 978-602-1313-82-4

Dicetak oleh:
UNIMED PRESS
Gedung Lembaga Penelitian Lantai I
Jl. Willem Iskandar, Pasar V
Kotak Pos 1589 – Medan 20221
Contact person: Suwito 082162161208
wito.harni@gmail.com

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kepada Allah SWT Tuhan Yang Maha Kuasa, atas berkat limpahan dan rahmat-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan buku yang berjudul “Plumbing dan Sanitasi Bangunan Gedung”. Penyusunan buku ini sekali gus sebagai pemenuhan amanat Permendiknas No. 2 tahun 2018 tentang Buku, terutama berkaitan dengan peningkatan jumlah buku yang berperan penting dan strategis dalam upaya meningkatkan mutu pendidikan.

Buku ini berisi tentang teori, konsep, aplikasi serta aturan kebijakan pemerintah tentang sistem plumbing dan sanitasi pada bangunan gedung. Secara umum buku tersebut berisi tentang pengantar plumbing, siklus air, kebijakan dan standar plumbing dan sanitasi, perencanaan sistem penyediaan air bersih, sistem pembuangan air kotor, bahan dan penyambung pipa instalasi air, perangkat sanitasi untuk perawatan, peralatan dan bahan pengerjaan, pemasangan dan pemeliharaan alat saniter, dan keselamatan dan kesehatan kerja (K3). Buku ini menyajikan paparan informasi serta kebijakan teknis mengikuti perkembangan terkini tentang sistem plumbing dan perangkat sanitasi pada bangunan gedung yang dihuni oleh manusia.

Diharapkan buku ini dapat menjadi referensi, acuan, bandingan atau pengayaan dalam proses pembelajaran, terutama bagi pendidik dan peserta didik yang relevan. Selain itu buku ini dapat menambah pengetahuan dan wawasan bagi para perancang, teknisi, jasa konstruksi serta masyarakat luas yang memerlukannya.

Saran positif dan konstruktif yang relevan sangat diharapkan dari pembaca, guna penyempurnaan isi dan konstruksi buku agar menjadi lebih reliable bagi perkembangan ke depan. Terima kasih.

Medan, 2015

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENERBIT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
BAB I. PENDAHULUAN	1
A. Plambing dan Bangunan Gedung	1
B. Siklus Air Pada Bangunan Rumah Tinggal	3
C. Ruang Lingkup Isi Buku	5
BAB II. KEBIJAKAN NASIONAL DAN PERENCANAAN SISTEM PENYEDIAAN AIR BERSIH	11
A. Kebijakan Nasional tentang Sistem Plambing dan Sanitasi	11
B. Perencanaan Sistem Plambing	22
C. Pencegahan Pencemaran Air	24
D. Sistem Penyediaan Air Bersih	34
E. Tangki – Tangki Air	49
BAB III. SISTEM PEMBUANGAN AIR KOTOR	60
A. Sistem Pembuangan Air Kotor	60
B. Bagian dan Konstruksi Instalasi Air Kotor	61
C. Sumber atau Subjek Air Kotor	64
D. Pipa Sambungan Instalasi Air Kotor	66
E. Pipa Udara (Ventilasi)	72
BAB IV. BAHAN DAN PENYAMBUNG PIPA INSTALASI	
AIR	74
A. Jenis Bahan Pipa	74
B. Pipa Plastik dan Cara Penyambungannya	74
C. Pipa Besi Tuang dan Cara Penyambungannya ..	78
D. Pipa Asbes Semen dan Cara Penyambungannya.	81
E. Ukuran Pipa Air Kotor dan pipa Udaranya	82

BAB V.	PERANGKAT SANITASI	88
	A. Batasan Dan Manfaat Sanitasi	88
	B. Perangkat Sanitasi	90
	C. Saniter Perawatan Badan Bagian Atas	92
	D. Saniter Untuk Perawatan Badan Bagian Bawah..	99
	E. Saniter Untuk Perawatan Seluruh Badan	101
	F. Saniter Penampung Kotoran Manusia	108
	G. Saniter Kelompok Masak	113
BAB VI.	PERALATAN DAN BAHAN Pengerjaan	115
BAB VII.	PEMASANGAN DAN PEMELIHARAAN ALAT SANITER	125
	A. Prinsip Pemasangan Alat Saniter (Perangkat Saniter)	125
	B. Pemasangan Wastafel	126
	C. Pemasangan Kloset	136
	D. Pemasangan Tempat Buang Air Kecil Laki- Laki (Urinoir)	139
	E. Pemasangan Bak Cuci Piring (Zink)	141
	F. Pemasangan Bak Mandi Rendam (Bath Tub).....	142
	G. Pemeliharaan Perangkat Plumbing dan Saniter ..	144
BAB VIII.	KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA	150
	A. Pengantar Keselamatan Kerja	150
	B. Kecelakaan Kerja	153
	C. Teori Penyebab Kecelakaan dan Manajemen K3 ..	155
	D. Pencegahan Kecelakaan (Peningkatan Keselamatan dan Kesehatan Kerja)	157
	E. Penggunaan perlengkapan keselamatan kerja	163
BAB IX.	PENUTUP	169
	DAFTAR PUSTAKA	175
	INDEKS	179

DAFTAR TABEL

TABEL

2.1. Ukuran minimum perangkat untuk macam-macam alat plambing	16
2.2. Lebar Celah Udara Minimum	27
2.3. Pemakaian Air Pada Berbagai Kota di Luar Negeri	46
2.4. Perbandingan Pemakaian Air (Dalam %)	47
2.5. Tekanan yang dibutuhkan alat plambing	48
4.1. Sifat – sifat plastik PVC, PE, ABS	75
4.2. Nilai SW Alat Saniter dan Diameter Pipanya	82
4.3. Diameter Pipa Cabang dan Diameter Pipa Udaranya	83
4.4. Ukuran Diameter Pipa tegak Lurus dengan Pipa Udara Primer	84
4.5. Ukuran Diameter Pipa Tegak Lurus dengan Pipa Udara Samping	84
4.6. Ukuran Diameter Pipa Tegak Lurus dengan Pipa Udara Skunder	85
4.7. Ukuran Diameter Pipa Induk	85
4.8. Koefisien Pengaliran Air (∞) dari Berbagai Konstruksi Atap..	86
4.9. Ukuran Diameter Pipa Talang (air hujan)	87
5.1. Tinggi pemasa-ngan alat mandi dus	104

DAFTAR GAMBAR

GAMBAR

1.1.	Siklus Alamiah Air	4
2.1.	Instalasi Yang Memungkinkan Aliran Balik.....	26
2.2.	Alat Pencegah Pukulan Air	32
2.3.	Sistem Sambungan Langsung	35
2.4.	Sistem Dengan Tangki Atap	36
2.5.	Penyediaan Air Panas Dengan Pemanas Air Gas	39
2.6.	Sistem Tangki Tekan	42
2.7.	Sistem Tangki Tekan Dengan Sumur Untuk Rumah	42
2.8.	Sel Hidro	45
2.9.	Contoh penempatan tangki air yang benar	51
2.10.	Contoh penempatan tangki dalam gedung	53
2.11.	Rangka penguat alas tangki air	53
2.12.	Pemasangan tangki	54
2.13.	Contoh penempatan ruangan tangki bawah tanah	57
2.14.	Contoh penempatan tangki air di bawah tanah	57
2.15.	Jarak tangki air terhadap batas persil	58
2.16.	Contoh tangki atas	58
3.1.	Pembuangan air Kotor Dengan Sistem Campuran	60
3.2.	Pembuangan Air Kotor Dengan Sistem Terpisah	61
3.3.	Bagian Pokok Instalasi Pipa Air Kotor Rumah Tinggal	62
3.4.	Konstruksi Instalasi Air Kotor	63
3.5.	Bentuk-Bentuk Siphon (Perangkap Air)	65
3.6.	Tinggi Minimal Air Dalam Perangkap Air	66
3.7.	Konstruksi Pipa Cabang	67
3.8.	Konstruksi Pipa Cabang Dengan Pipa Saluran Udara	68
3.9.	Konstruksi Pipa Tegak Lurus	69
3.10.	Ketentuan Penyambungan Pipa tegak Lurus	71
3.11.	Pipa Udara Promer Untuk Dua atau Lebih Pipa Tegak Lurus .	73
4.1.	Pembuatan Pipa Plastik dengan “Extruder”	76
4.2.	Beberapa soket penyambung Pipa Plastik PE	78
4.3.	Bentuk-bentuk Fitting Pipa Besi Tuang	81
5.1.	Wastafel	92
5.2.	Bak cuci tangan dan bak cuci muka	93
5.3.	Tinggi pemasangan bak cuci tangan/muka	93

5.4.	Ukuran ruang gerak bak cuci tangan	94
5.5.	Ilustrasi ruang gerak bak cuci tangan	95
5.6.	Tinggi pemasangan dan ukuran bak cuci tangan tipe studio 35 produksi PT KIA Indonesia	96
5.7.	Tinggi pemasan- ngan dan ukuran bak cuci muka dinding tipe "Susan" produksi PT KIA	96
5.8.	Tinggi pemasangan dan ukuran bak cuci muka pedestas tipe "Concord" produksi PT KIA Indonesia	97
5.9.	Tinggi pemasangan dan ukuran bak cuci muka meja tipe "Rondalin" buatan PT KIA Indonesia	98
5.10.	Tinggi pemasangan dan ukuran bak cuci muka ½ meja tipe "tulip" produksi PT. KIA Indonesia	99
5.11.	Ukuran dan tinggi pemasangan bidet "Laguna" produksi PT KIA Indonesia	100
5.12.	Bentuk, ukuran, dan tinggi pemasangan bidet "Concord", produksi PT KIA Indonesia	101
5.13.	Bak mandi dus dipasang di atas lantai	103
5.14.	Bak mandi dus dipasang di bawah lantai	103
5.15.	Ketentuan tinggi pemasangan alat mandi dus	104
5.16.	Dinding mandi dus dengan fiber gelas	105
5.17.	Dinding mandi dus dengan bentuk kabin	105
5.18.	Bak mandi rendam dari istana Minos, Raja Knossos	106
5.19.	Kategori besaran ukuran bak mandi rendam	106
5.20.	Ketentuan ukuran pemasangan peralatan bak mandi rendam	107
5.21.	Bentuk dan ukuran bak mandi rendam "Concord" buatan PT KIA Indonesia	108
5.22.	Urinoir	109
5.23.	Konstruksi "water closet" ciptaan A. Cumming	110
5.24.	Bentuk, ukuran, dan tinggi pemasangan klosetjongkok "Rapiex" buatan PT KIA Indonesia	111
5.25.	Ukuran dan tinggi pemasangan kloset duduk yang menumpu di lantai tipe "Concord" produksi PT KIA Indonesia	112
5.26.	Tinggi pemasangan dan ukuran kloset duduk yang menggantung di dinding tipe "Laguna" produksi PT KIA Indonesia	113
5.27.	Bentuk dan ukuran sink	114
6.1.	Macam-macam Meteran kayu	115

6.2.	Meteran dari pita baja dan meteran dari pita kain	116
6.3.	Macam Alat Penyipat Datar	117
6.4.	Unting-unting	118
6.5.	Cara menggunakan unting-unting	119
6.6.	Macam Siku	120
6.7.	Membuat Sudut Siku dengan Perbandingan Sisi	120
6.8.	Macam-Macam Palu Besi	122
6.9.	Cetok Semen (bulat)	122
6.10.	Gambar Sungkup (Sekop)	123
6.11.	Macam-Macam Linggis	124
6.12.	Kakak Tua (Catut)	124
6.13.	Gergaji Kayu	124
7.1.	Pemasangan Wastafel	128
7.2.	Bentuk konstruksi pemasangan wastafel	129
7.3.	Pemeriksaan peralatan sebagai perawatan awal	130
7.4.	Pemasangan papan pengganjal	131
7.5.	Pemasangan kran air	132
7.6.	Pemasangan sil pada sambingan pipa penyambung	132
7.7.	Hubungan pipa penyangga dan pipa pembuang	133
7.8.	Bentuk penopang bak wastafel	133
7.9.	Bentuk penempelan wastafel ke dinding	134
7.10.	Bentuk penempelan wastafel dengan penjepit di tepi bak ...	134
7.11.	Pemasangan wastafel dengan ketinggian 90 cm	135
7.12.	Klosed duduk	136
7.13.	Pemasangan klosed duduk	137
7.14.	Pemasangan klosed jongkok	139
7.15.	Pemasangan urinoir cara 1	140
7.16.	Pemasangan urinoir cara 2	140
7.17.	Pemasangan bak cuci piring (sink)	142
7.18.	Bentuk penampang <i>bath up</i> kondisi terpasang	143
7.19.	Bentuk penempatan dan pemasangan bath tub	143

BAB I

PENDAHULUAN

A. PLAMBING DAN BANGUNAN GEDUNG

Bangunan gedung adalah wujud fisik hasil pekerjaan konstruksi yang menyatu dengan tempat kedudukannya, sebagian atau seluruhnya berada di atas dan/atau di dalam tanah dan/atau air, yang berfungsi sebagai tempat manusia melakukan kegiatannya, baik untuk hunian atau tempat tinggal, kegiatan keagamaan, kegiatan usaha, kegiatan sosial, budaya, maupun kegiatan khusus. Fungsi bangunan gedung meliputi fungsi hunian, keagamaan, usaha, sosial dan budaya dan fungsi khusus adalah ketentuan mengenai pemenuhan persyaratan administratif dan persyaratan teknis bangunan gedung. Klasifikasi bangunan gedung adalah klasifikasi dari fungsi bangunan gedung berdasarkan pemenuhan tingkat persyaratan administratif dan persyaratan teknisnya.

Persyaratan teknis bangunan gedung adalah ketentuan mengenai persyaratan tata bangunan dan persyaratan keandalan bangunan gedung. Penyelenggaraan bangunan gedung adalah kegiatan pembangunan yang meliputi proses perencanaan teknis dan pelaksanaan konstruksi, serta kegiatan pemanfaatan, pelestarian dan pembongkaran bangunan gedung. Pengguna bangunan gedung adalah pemilik bangunan gedung, dan/atau bukan pemilik bangunan gedung berdasarkan kesepakatan dengan pemilik bangunan gedung, yang menggunakan dan/atau mengelola bangunan gedung atau bagian bangunan gedung sesuai dengan fungsi yang ditetapkan. Menurut pasal 7 Undang-Undang Nomor 28 tahun 2002 tentang Bangunan Gedung ditegaskan bahwa setiap bangunan gedung harus memenuhi persyaratan administratif dan persyaratan teknis sesuai dengan fungsi bangunan gedung.

Persyaratan teknis bangunan gedung yang dimaksudkan adalah persyaratan tata bangunan dan persyaratan keandalan bangunan gedung. Persyaratan keandalan bangunan gedung sebagaimana dimaksud dalam Pasal 7 ayat (3), meliputi persyaratan keselamatan, kesehatan, kenyamanan, dan

kemudahan yang ditetapkan berdasarkan fungsi bangunan gedung. Persyaratan kesehatan bangunan gedung meliputi persyaratan sistem penghawaan, pencahayaan, plambing dan sanitasi, dan penggunaan bahan bangunan gedung. Sistem plambing dan sanitasi merupakan kebutuhan sanitasi yang harus disediakan di dalam dan di luar bangunan gedung untuk memenuhi kebutuhan air bersih, pembuangan air kotor dan/atau air limbah, kotoran dan sampah, serta penyaluran air hujan.

Sistem plambing dan sanitasi pada bangunan gedung dan lingkungannya harus terpasang sedemikian rupa sehingga mudah dalam pengoperasian dan pemeliharannya, tidak membahayakan serta tidak mengganggu lingkungan. Dengan demikian, plambing sekarang ini tidak lagi dikenal hanya sebagai sistem penyediaan air bersih dan sistem penyaluran kotoran, akan tetapi memiliki dimensi dan cakupan yang sangat luas. Review masa lalu tentang sistem plumbing akan memberikan gambaran perkembangan sisten plambing terutama pada bangunan yang dihuni oleh manusia. Sistem plumbing pada zaman dahulu, air bersih yang digunakan manusia diambil dari sumbernya, seperti sumur atau mata air. Air bersih diangkat dengan menggunakan gentong atau ember/timba. Sedangkan kotoran manusia dibuang di dalam lubang yang tempatnya terbuka di luar rumah atau dibuang di sungai/kali.

Pada zaman Romawi Kuno, orang-orang Romawi mengembangkan sistem transportasi air dengan sistem pengaliran air bersih melalui "*aqueduct*". Pada masa itu berhasil dibangun lebih dari 270 mil "*aqueduct*" untuk mengalirkan air ke seluruh kota. Oleh karena itu, tidak terlalu berlebihan jika orang beranggapan bahwa konsep dan kegunaan sistem pengaliran air menjadi lebih terangkat dan populer selama kejayaan peradaban romawi kuno. Selain itu dapat dikemukakan bahwa pada masa peradaban Romawi, orang mulai membangun tempat pembuangan kotoran (jamban pribadi) di setiap rumah tinggal. Penggunaan jamban pribadi telah ditemukan pertama kali di Pompeji, yang di duga dibuat pada abad 6 SM ± 79.

Pada zaman invasi Goth yang menimbulkan banyak peperangan, terutama dengan keruntuhan kerajaan Romawi, telah pula merintang kemajuan Eropa selama hampir sepuluh abad. Seiring dengan rintangan yang mengganggu kemajuan ini, berhenti pula pengembangan dalam bidang plumbing dan teknik sanitasi, yang berkembang pada zaman Romawi.

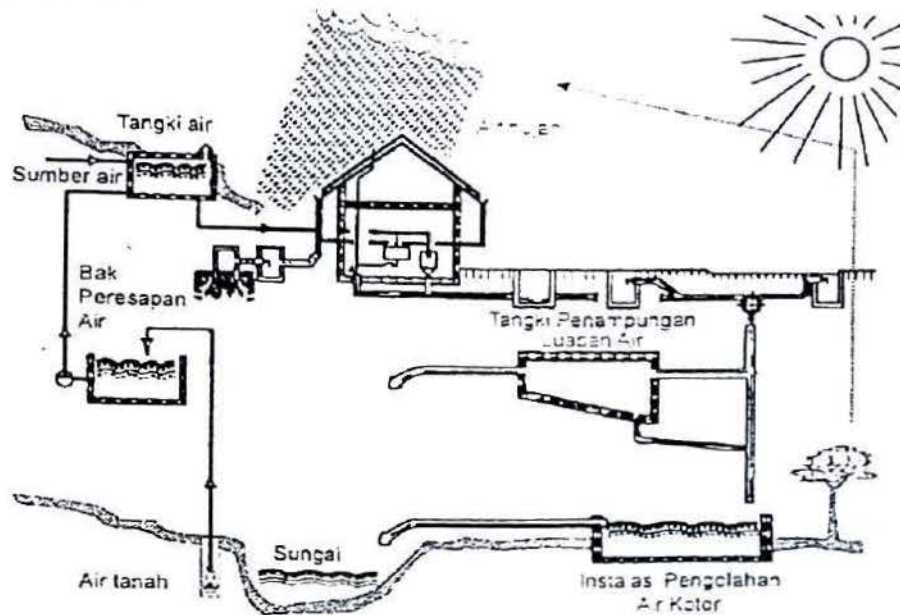
Pada zaman Renaissance, ketika Eropa terserang epidemik kolera yang membinasakan hampir seperempat dari penduduknya, minat terhadap sanitasi dan plumbing bangkit kembali. Keadaan ini pula yang mendorong parlemen Inggris pada abad ke – 17 untuk mengesahkan undang-undang plumbing dan undang-undang keahlian plumbing pada abad ke-18. Hal perkembangan tersebut diikuti kemudian oleh Prancis.

Plumbing didefinisikan sebagai seni dan ilmu pemasangan pipa dan peralatan saniter atau yang disebut instalasi plumbing. Fungsi pertama dari instalasi plumbing adalah untuk menyediakan air bersih ketempat-tempat yang dikehendaki dengan tekanan yang cukup. Fungsi keduanya adalah untuk menyalurkan air bekas pakai atau air kotor dari peralatan saniter ke tempat yang ditentukan agar tidak mencemari bagian- bagian penting gedung atau lingkungannya. Fungsi pertamanya dilaksanakan oleh instalasi pipa air bersih, sedangkan fungsi kedua dilaksanakan oleh pipa air kotor.

B. SIKLUS AIR PADA BANGUNAN RUMAH TINGGAL

Air merupakan bagian dari sumber daya air, selain sumber air, dan daya air yang terkandung di dalamnya. Air permukaan merupakan semua air yang terdapat pada permukaan tanah. Sumber air permukaan adalah tempat atau wadah air alami dan/atau buatan yang terdapat pada ataupun di atas permukaan tanah. Sedangkan daya air adalah potensi yang terkandung dalam air dan/atau pada sumber air yang dapat memberikan manfaat ataupun kerugian bagi kehidupan dan penghidupan manusia serta lingkungannya. Oleh karena itu penggunaan sumber daya air merupakan pemanfaatan sumber daya air dan prasarannya sebagai media dan/atau materi.

Pada hakikatnya pembuangan air kotor atau drainase dari satu bangunan rumah tinggal dapat dipandang sebagai bagian dari siklus alamiah air seperti yang dapat dilihat pada gambar berikut ini :



Gambar 1.1. Siklus Alamiah Air

Dari gambar dapat dilihat bahwa pemasok air yang utama ke dalam rumah adalah pipa air bersih. Air bersih yang dimasukkan ke dalam rumah seluruhnya dialirkan melalui instalasi pipa air bersih. Pemasok air lainnya adalah melalui air hujan yang jatuh ke atap rumah dengan jumlah yang berbeda-beda. Namun demikian, pemasokan air hujan tergantung pada musim dan waktu. Air bersih yang dialirkan ke dalam rumah melalui pipa setelah digunakan akan tercemar karena bercampur dengan kotoran-kotoran. Demikian juga dengan air hujan, ketika jatuh dari awan masih bersih. Akan tetapi, air hujan tercemar dan menjadi kotor karena pada waktu perjalanan jatuh ke atap rumah bercampur dengan zat-zat lain yang ada di udara. Air bersih dan hujan yang telah tercemar ini dinamakan air kotor.

Berdasarkan sumbernya, di bedakan antara air kotor yang berasal dari air buangan rumah tangga dan air kotor yang berasal dari air hujan. Air buangan rumah tangga adalah air kotor yang sebagian besar berasal dari limbah manusia dan bekas cuci, sedangkan air hujan yang berasal dari buangan atap rumah atau

bangunan. Air buangan rumah tangga tidak diperkenankan dibuang atau dialirkan langsung ke sungai, danau, ataupun laut. Hal itu sebab air tersebut masih mengandung zat-zat yang dapat merusak lingkungan dan sumber air bersih yang ada disekitar lokasi rumah tinggal atau bangunan tersebut. Oleh karena itulah sebelum air kotor tersebut dibuang ke sungai, danau dan laut, harus diproses ulang kembali, dalam proses pengolahan air kotor, untuk mengurangi zat-zat berbahaya yang dikandungnya.

Selanjutnya, air kotor yang telah dibersihkan ini bersama-sama dengan air sungai, danau, atau laut karena pemanasan matahari menguap ke atas menjadi embun dan turun kembali ke bumi dalam bentuk hujan. Selain itu, air kotor yang telah bersih dan bercampur dengan air sungai atau air danau tersebut dapat juga diproses menjadi air minum. Air seperti ini dimasukkan kembali ke dalam rumah melalui instalasi pipa air bersih.

C. RUANG LINGKUP ISI BUKU

Bagian pertama, Plumbing sudah dikenal sejak zaman Romawi Kuno, yaitu dengan mengembangkan sistem transportasi air dengan sistem pengaliran air bersih melalui "aqueduct". Pada saat ini Plumbing dikenal dengan sistem penyediaan air bersih dan sistem penyaluran kotoran. Sistem plumbing terdapat pada sebagian besar rumah dan gedung. Sejalan dengan perkembangan waktu, sistem plumbing berkembang dengan alat sanitasi yang perlatan dan bahannya sangat bervariasi. Banyak peralatan yang digunakan dalam pekerjaan plumbing dan sanitasi diantaranya yaitu: meteran, siku, unting-unting, alat ulir pipa (sney), dan lain sebagainya. Setiap alat mempunyai macam dan bentuk yang berbeda-beda dan sesuai dengan fungsinya. Demikian juga dengan alat-alat sanitasi banyak macam bentuk dan fungsinya, seperti: shower, wastafel, bath tub, kloset, urinior, dan lainnya. Setiap macam alat sanitasi tersebut mempunyai bentuk dan ukuran yang bervariasi. Dalam perencanaan sistem plumbing dan sanitasi pada suatu gedung atau bangunan harus diperhatikan denah bangunan, jernis dan fungsi bangunan serta jumlah perhuninya. Kesalahan dalam perencanaan sistem plumbing dan sanitasi mengakibatkan

kurang berfungsinya bangunan tersebut sesuai dengan yang diharapkan/direncanakan.

Bagian kedua, Kebijakan tentang plambing dan sanitasi di Indonesia merujuk pada Undang-Undang, Permen Pekerjaan Umum dan SNI. Penyediaan air minum dengan kualitas yang tetap baik merupakan prioritas utama. Banyak syarat yang harus dipenuhi agar suatu air minum memiliki kualitas yang baik. Syarat kualitas air dapat dilihat dari segi fisika, kimia, radioaktifa dan mikrobiologi. Sistem penyediaan air dingin meliputi beberapa peralatan seperti tangki air bawah tanah, tangki air diatas atap, pompa-pompa, perpipaan, dsb. Dalam peralatan ini, air minum harus dapat dialirkan ketempat – tempat yang dituju tanpa mengalami pencemaran. Pencegahan pencemaran lebih ditekankan pada sistem penyediaan air dingin, dan inilah faktor terpenting ditinjau dari segi kesehatan. Hal – hal yang dapat menyebabkan pencemaran air antar lain, masuknya kotoran, tikus, serangga kedalam tangki; terjadi karat dan rusaknya bahan tangki dan pipa; terhubungnya pipa air minum dengan pipa lainnya; tercampurnya air minum dengan air dari jenis kualitas lainnya; aliaran balik (back flow) air dari jenis kualitas lainnya kedalam pipa air minum.

Bagian ketiga, Air bersih yang dialirkan ke dalam rumah melalui pipa setelah digunakan akan tercemar karena bercampur dengan kotoran- kotoran. Demikian juga dengan air hujanakan tercemar dan menjadi kotor karena pada waktu perjalanan jatuh ke atap rumah bercampur dengan zat-zat lain yang ada di udara. Air bersih dan hujan yang telah tercemar ini dinamakan air kotor. Berdasarkan sumbernya, di bedakan antara air kotor yang berasal dari air buangan rumah tangga dan air kotor yang berasal dari air hujan. Air buangan rumah tangga adalah air kotor yang sebagian besar berasal dari limbah manusia dan bekas cuci, sedangkan air hujan yang berasal dari buangan atap rumah atau bangunan.

Sistem pembuangan atau penyaluran air kotor (air buangan rumah tangga dan air hujan) harus direncanakan dengan baik agar tidak merusak bangunan rumah dan mengganggu kesehatan penghuninya. Dikenal dua macam sistem pembuangan air kotor, yaitu (1) sistem campuran dan (2) sistem terpisah.

Agar suatu instalasi pipa air kotor dapat berfungsi dengan baik, konstruksinya harus memenuhi persyaratan yaitu: a) Pipa harus tersambung rapat dan kuat, b) Ventilasi atau aliran udara gas kotoran yang ada di dalam pipa harus disalurkan ke udara, c) Pada alat-alat saniter yang tidak mempunyai trap atau perangkat yang mencegah arus balik gas kotoran yang dibawa air kotor, harus disediakan perangkat sair (sifon), d) Pipa air kotor harus ditata dan dipasang sesuai dengan pedoman plambing yang berlaku. e) Instalasi pipa air kotor sebaiknya dilengkapi dengan lubang pembersih (lubang kontrol) pada tempat-tempat tertentu.

Bagian keempat, Terdapat berbagai macam pipa yang dapat digunakan untuk pembuatan instalasi pipa air kotor. Bahan dasar pembuatan pipa dapat diklasifikasikan: (1) plastik, (2) besi tuang, dan (3) asbes semen. Dari ketiga jenis, pipa plastik yang paling banyak digunakan, hal ini karena pipa plastik mempunyai kelebihan: (1) lebih ringan, (2) lebih murah, (3) tahan terhadap korosi, (4) lebih mudah dipasang, dan (5) dapat dibuat dengan sifat-sifat yang khusus. Satu kelemahan dari pipa besi tuang yaitu karat (*korosi*) karena terjadinya aksi karbon dioksida, belerang oksida, dan gas metana yang dibentuk oleh asam karbon (*carbonic acid*) dan asam belerang (*sulfuric acid*) dari air kotor yang mengalir dalam pipa. Zat-zat ini melalui reaksi kimia yang berlangsung secara perlahan-lahan atau oksidasi membentuk ferro oksida atau yang biasa disebut karat.

Pipa asbes semen terbuat dari campuran asbes, semen, dan silikon, dengan beberapa keistimewaan sifatnya yaitu: tahan terhadap api, dan tahan terhadap pengaruh bahan-bahan kimia. Pipa asbes banyak digunakan sebagai pipa air kotor, terutama untuk menyalurkan (mengalirkan) air kotor yang banyak mengandung zat-zat kimia.

Satu faktor yang perlu diperhatikan dalam perencanaan suatu instalasi pipa air kotor adalah besarnya ukuran diameter pipa air kotor dan pipa udara dari instalasi pipa tersebut. Penentuan besar diameter pipa-pipa tersebut pada hakikatnya sangat tergantung pada faktor: a) Nilai unit peralatan saniter yang digunakan; b) Waktu pengaliran air kotor oleh peralatan saniter (terus-menerus

atau priodik); dan c) Beban maksimum air kotor dalam 1/det, yang diperkirakan akan terjadi pada saat semua peralatan saniter yang terpasang di dalam bangunan terpasang.

Bagian kelima, Sanitasi (*sanitation*) berarti pemeliharaan kesehatan. Dalam teknik bangunan gedung, sanitasi adalah usaha penyaluran atau pembuangan, zat cair yang membahayakan kesehatan atau mengganggu lingkungan. Manfaat sanitasi adalah (1) Kelestarian lingkungan dapat dipertahankan atau setidaknya dapat dikendalikan dari kerusakan-kerusakan dan pencemaran. (2) Kesehatan lingkungan dapat dipertahankan atau setidaknya dapat dikendalikan dari kerusakan-kerusakan dan pencemaran. (3) Bahan-bahan buangan dapat dimanfaatkan. Alat Sanitasi atau perangkat saniter merupakan kelengkapan kebutuhan dasar manusia yang perlu ada pada setiap bangunan yang dihuni manusia, baik itu rumah tinggal, pertokoan, perhotelan, kantor-kantor, sekolah-sekolah ataupun bangunan industri dan bengkel. Perangkat saniter berfungsi sebagai wadah untuk menerima air kotor atau air pembawa kotoran (pembilas kotoran) yang dihasilkan oleh manusia. Selain itu, peralatan saniter berfungsi juga sebagai alat untuk membawa air kotor dan/atau air pembawa kotoran ke dalam instalasi pipa air kotor. Secara umum peralatan saniter dapat dikelompokkan dalam tiga kelompok utama, yaitu (1) peralatan saniter kelompok perawatan badan (tubuh) manusia, (2) peralatan saniter kelompok penampung dan pengalir kotoran tubuh manusia, dan (3) peralatan saniter kelompok masak dan cuci. Peralatan saniter yang termasuk dalam kelompok perawatan badan manusia antara lain bak cuci tangan/muka (*wastafel*), bidet, alat mandi, dan bak mandi rendam. Peralatan saniter kelompok penampung dan pengalir air kototan tubuh manusia antara lain: urinal (*peturasan*) dan kloset (*WC*). Sedangkan peralatan saniter kelompok masak dan cuci antara lain: bak cuci piring (*sink*), bak cuci, dan mesin pencuci.

Bagian keenam, Pemasangan identik dengan cara, metode atau teknik yang digunakan agar perangkat saniter terpasang dengan baik dan benar. Kualitas pemasangan perangkat saniter menjadi persyaratan utama dalam instalasi plambing dan sanitasi. Terdapat beberapa prinsip yang harus dipenuhi dalam pemasangan

perangkat-perangkat saniter, yaitu: (1) Pemilihan perangkat saniter yang berkualitas dan standar. (2) Memahami unsur-unsur, komponen, bahan dan peralatan yang diperlukan dalam pemasangan alat saniter. (3) Pemahaman tentang struktur proses pekerjaan dan pemasangan perangkat saniter. (4) Semua sambungan terhubung dengan sempurna. (5) Mengecek (tes) seluruh kelengkapan komponen, hubungan perangkat saniter dan penggunaannya. Pemasangan peralatan sanitasi (*sanitary fixtures*) yang lazim digunakan dalam bangunan gedung yang dihuni manusia adalah: (1) Pemasangan tempat cuci tangan dan muka (*wastafel*); (2) Pemasangan tempat buang air besar (*kloset*); (3) Pemasangan tempat buang air kecil khusus laki-laki (*urinoir*); (4) Pemasangan tempat cuci piring (*zink*); (5) Pemasangan bak mandi (*bath tub*). Pemasangan perangkat saniter dimulai dari perawatan awal peralatan, pemasangan tempat sangkutan atau posisi alat saniter, pemasangan perangkat saniter dan pipa saluran pembuang, penyambungan pipa dan pemasangan kran air, pengetesan akhir penggunaannya pada tempo tertentu.

Pemeliharaan peralatan plambing dan sanitasi bertujuan untuk menjaga keawetan perangkat sanitasi dan dapat digunakan sesuai dengan fungsinya. Beberapa bagian dari perangkat plambing dan sanitasi yang rentan terjadi kerusakan antara lain pemeliharaan toilet (*urinoir* dan *bidet*); pemeliharaan saluran air kotor; pemeliharaan tempat cuci tangan (*wastafel*), bak mandi (*bathtub*), semprotan air (*shower*), kloset duduk, dan kloset jongkok, pemeliharaan pemanas air (*waterheater*); pemeliharaan keran air dingin, keran air panas; pemeliharaan bak cuci piring (*sink*); pemeliharaan saringan air lantai; dan pemeliharaan septik tank.

Bagian ketujuh, Keselamatan dan kesehatan kerja (K3) merupakan instrumen yang memproteksi pekerja, perusahaan, lingkungan hidup, dan masyarakat sekitar dari bahaya akibat kecelakaan kerja. Perlindungan tersebut merupakan hak asasi yang wajib dipenuhi oleh perusahaan. K3 bertujuan mencegah, mengurangi, bahkan menihilkan risiko kecelakaan kerja (*zero accident*). Penerapan konsep ini tidak boleh dianggap sebagai upaya pencegahan kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja yang menghabiskan banyak biaya (*cost*) perusahaan, melainkan harus

dianggap sebagai bentuk investasi jangka panjang yang memberi keuntungan yang berlimpah pada masa yang akan datang.

Dengan meningkatnya penggunaan alat-alat yang lebih canggih dan tantangan pekerjaan teknik sipil yang semakin sulit, maka angka kecelakaan kerja konstruksi bisa semakin tinggi. Sedangkan pada pihak pekerja, kebutuhan akan keselamatan kian menjadi tuntutan seiring dengan telah mulai terpenuhinya kebutuhan-kebutuhan dasar. Oleh karena itu harus ada upaya serius untuk mengurangi kecelakaan kerja konstruksi. Manajemen K3 sangat berperan dalam pencegahan kecelakaan di proyek konstruksi. Peran tersebut mulai dari perancangan, pengorganisasian, pelaksanaan, pengawasan. Selanjutnya dapat pula ditinjau dari komponen manusia, material, uang, mesin/alat, metode kerja, informasi. Persentase penyebab kecelakaan kerja: 3% dikarenakan sebab yang tidak bisa dihindarkan (seperti bencana alam), 24% dikarenakan lingkungan atau peralatan yang tidak memenuhi syarat, dan 73% dikarenakan perilaku yang tidak aman. Cara efektif untuk mencegah terjadinya kecelakaan kerja adalah: (1) Dengan menghindari terjadinya enam perilaku tidak aman. (2) Mencegah kondisi lingkungan yang tidak aman. (3) Pendidikan keselamatan dan kesehatan kerja. (3) Penggunaan perlengkapan keselamatan kerja.

BAB II

KEBIJAKAN NASIONAL DAN PERENCANAAN SISTEM PENYEDIAAN AIR BERSIH

A. KEBIJAKAN NASIONAL TENTANG SISTEM PLAMBING DAN SANITASI

1. Kebijakan Umum Sistem Plambing

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor: 29/PRT/M/2006 tentang Pedoman Persyaratan Teknis Bangunan Gedung, fungsi bangunan gedung meliputi fungsi hunian, keagamaan, usaha, sosial dan budaya dan fungsi khusus adalah ketentuan mengenai pemenuhan persyaratan administratif dan persyaratan teknis bangunan gedung.

Persyaratan keandalan bangunan gedung yang terdiri dari: (1) Persyaratan keselamatan bangunan gedung; (2) Persyaratan kesehatan bangunan gedung; (3) Persyaratan kenyamanan bangunan gedung; dan (4) Persyaratan kemudahan bangunan gedung. Persyaratan Plambing Dalam Bangunan Gedung adalah:

- a. Sistem air minum harus direncanakan dan dipasang dengan mempertimbangkan sumber air minum, kualitas air bersih, sistem distribusi, dan penampungannya.
- b. Sumber air minum dapat diperoleh dari sumber air berlangganan dan/atau sumber air lainnya yang memenuhi persyaratan kesehatan sesuai pedoman dan standar teknis yang berlaku.
- c. Perencanaan sistem distribusi air minum dalam bangunan gedung harus memenuhi debit air dan tekanan minimal yang disyaratkan.
- d. Penampungan air minum dalam bangunan gedung diupayakan sedemikian rupa agar menjamin kualitas air.
- e. Penampungan air minum harus memenuhi persyaratan kelaikan fungsi bangunan gedung.
- f. Persyaratan plambing dalam bangunan gedung harus mengikuti:
 - 1) Kualitas air minum mengikuti Peraturan Pemerintah Nomor 16 Tahun 2005 tentang Pengembangan sistem

Air Minum dan Permenkes 907/2002, sedangkan instalasi perpipaannya mengikuti Pedoman Plambing;

- 2) SNI 03-6481-2000 Sistem Plambing 2000, atau edisi terbaru.

Dalam hal masih ada persyaratan lainnya yang belum tertampung, atau yang belum mempunyai SNI, digunakan standar baku dan/atau pedoman teknis.

Sistem Pengolahan dan Pembuangan Air Limbah/Kotor

- a. Sistem pembuangan air limbah dan/atau air kotor harus direncanakan dan dipasang dengan mempertimbangkan jenis dan tingkat bahayanya.
- b. Pertimbangan jenis air limbah dan/atau air kotor diwujudkan dalam bentuk pemilihan sistem pengaliran/pembuangan dan penggunaan peralatan yang dibutuhkan.
- c. Pertimbangan tingkat bahaya air limbah dan/atau air kotor diwujudkan dalam bentuk sistem pengolahan dan pembuangannya
- d. Air limbah yang mengandung bahan beracun dan berbahaya tidak boleh digabung dengan air limbah domestik.
- e. Air limbah yang berisi bahan beracun dan berbahaya (B3) harus diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
- f. Air limbah domestik sebelum dibuang ke saluran terbuka harus diproses sesuai dengan pedoman dan standar teknis yang berlaku.

Persyaratan teknis air limbah harus mengikuti:

- 1) SNI 03-6481-2000 Sistem plambing 2000, atau edisi terbaru;
- 2) SNI 03-2398-2002 Tata cara perencanaan tangki septik dengan sistem resapan, atau edisi terbaru;
- 3) SNI 03-6379-2000 Spesifikasi dan pemasangan perangkat bau, atau edisi terbaru;
- 4) Tata cara perencanaan, pemasangan, dan pemeliharaan sistem pembuangan air limbah dan air

kotor pada bangunan gedung mengikuti standar baku serta ketentuan teknis yang berlaku.

Menurut SNI 03-6481-2000 tentang Sistem plambing, menyebutkan bahwa sistem plambing merupakan sistem penyediaan air minum, penyaluran air buangan dan drainase, termasuk semua sambungan, alat-alat dan perlengkapannya yang terpasang di dalam persil dan gedung.

Sistem penyediaan air minum bagian dari sistem plambing yang terdiri dari :

1. Pipa dinas;
2. Katup pengatur pipa dinas;
3. Meter air;
4. Katup meter air yang diperlukan dan perlengkapan penguji.
5. Pompa air minum;
6. Tangki penyediaan air minum.
7. Tangki gabungan penyediaan air minum dan pemadaman kebakaran.
8. Alat untuk melindungi kualitas penyediaan air minum;
9. Pipa distribusi sampai ke lubang pengeluaran air untuk penyediaan air minum ke sistem pemanas air gedung;

Pada semua bangunan gedung harus disediakan sistem plambing guna membuang air limbah dari semua alat plambing dan menyalurkan air dingin dan atau air panas ke semua alat plambing yang ada di rumah tinggal yang dihuni manusia. Rumah tinggal merupakan bangunan yang terdiri atas ruangan atau gabungan ruangan yang berhubungan satu sama lain, yang berfungsi sebagai tempat tinggal atau hunian dan sarana pembinaan keluarga.

Perlengkapan dan sistem plambing harus dibuat dari bahan yang telah disetujui, bebas dari cacad, direncanakan dan dipasang sedemikian rupa, sehingga awet tanpa memerlukan perbaikan maupun penggantian menyeluruh. Alat plambing yang dipasang untuk hunian, harus memenuhi persyaratan yang ditentukan

dalam pasal dan ayat dibawah ini. Alat plambing yang dipasang pada unit rumah tinggal atau ruangan, harus memenuhi persyaratan. Persyaratan rumah tinggal dimana setiap rumah tinggal, harus dilengkapi sekurang-kurangnya dengan : (1) sebuah bak cuci dapur. (2) sebuah kloset. (3) sebuah bak mandi atau bak air mandi atau dus; (4) sebuah tempat cuci tangan, dan (5) sebuah pengering lantai. Persyaratan tersebut berbeda dengan rumah susun, asrama, hunian niaga/industri, gudang, hunian ibadah, sekolah, hunian lembaga, rumah sakit, lembaga pemasyarakatan, kolam renang, restoran, dan lain-lain.

Disamping itu, setiap unit rumah tinggal harus dilengkapi dengan bak cuci pakaian atau perlengkapan penyambungan untuk mesin cuci pakaian, kecuali bila unit rumah tinggal tersebut disediakan untuk penghuni tidak tetap.

2. Alat Plambing, Perangkap Alat Plambing Dan Alat Penangkap

Alat plambing harus mempunyai permukaan yang halus dan rapat air, tahan lama untuk digunakan, bebas dari kerusakan dan tidak mempunyai bagian kotor yang tersembunyi.

a. Kloset dan Peturasan/Penggelontor

1) Ketentuan Umum Kloset.

- a) Kloset yang mempunyai penutup yang tersembunyi atau ruangan yang tidak berventilasi atau berdinding yang tidak dapat tercuci dengan sempurna pada tiap pengglontoran;
- b) Kloset yang dapat digunakan adalah yang isinya dapat terhisap balik ke dalam tangki pengglontor.

2) Ketentuan Umum Peturasan.

- a) Jenis peturasan yang dilarang adalah jenis peturasan palung yang tidak memenuhi persyaratan pengglontoran;
- b) harus dipakai adalah jenis peturasan yang dilengkapi dengan pancuran air.

Beberapa ketentuan umum katup pengglontor adalah:

- a) Katup pengglontor yang dihubungkan langsung dengan saluran air minum harus dipasang sesuai dengan ketentuan khusus yang berlaku;
- b) Katup pengglontor harus mudah dicapai untuk dapat diperbaiki. Katup pengglontor harus dilengkapi dengan alat yang memudahkan pengaturan debit dan kapasitas pada saat pengglontoran;
- c) Katup pengglontor yang dibuka secara normal harus dapat bekerja memenuhi siklusnya; membuka dan menutup kembali dengan sempurna pada tekanan yang tersedia serta harus menyalurkan air cukup untuk pengglontoran secara sempurna dan mengisi kembali penutup perangkap.

b. Bak cuci tangan atau Washtafel

Bak cuci tangan harus mempunyai lubang pembuangan air kotor dan berukuran sekurang-kurangnya 32 mm.

Penempatan bak cuci tangan majemuk seperti bak cuci bulat atau pencucian yang disusun menerus dalam ruangan harus disesuaikan dengan penempatan bak cuci tunggal yang biasa dengan ketentuan bahwa panjang berguna yang dilengkapi dengan air dingin dan air panas untuk bak cuci adalah 45 cm.

c. Bak mandi.

Bak mandi harus dilengkapi dengan lubang pembuangan dan peluapan berukuran sekurang-kurangnya 40 mm dan harus dilengkapi dengan penyumbat yang sesuai.

Sambungan alat plambing antara pipa pembuangan dan kloset, peturasan, bak cuci dengan lubang pembuangan lantai dan standar penangkap keramik harus dibuat dari jenis flens yang dibenarkan, disolder, disekrup atau disambungkan kuat dan aman dengan jenis penguat lainnya pada pipa pembuangan. Flens tersebut harus dipasang pada dasar yang kuat dan rapat air. Sambungan antara keramik dengan flens harus dibuat dan

dilengkapi dengan gasket, ring atau dempul pemasang yang dibenarkan.

Alat plambing kecuali yang mempunyai perangkat terpadu, harus dilengkapi dengan perangkat yang ditempatkan sedekat mungkin dengan lubang pembuangan alat plambing tersebut, kecuali apabila :

- 1) Alat plambing gabungan yang tidak dilengkapi dengan alat plambing penggerus sisa makanan dapat dipasang pada suatu perangkat apabila ruangan atau bak yang satu dalamnya tidak lebih dari 15 cm dari yang lain;
- 2) Perangkat boleh dipasang untuk suatu kelompok yang terdiri dari tidak lebih dari tiga buah bak cuci pakaian tunggal atau tiga buah bak cuci tunggal, atau sebuah bak cuci dan dua buah bak cuci pakaian yang letaknya berdekatan dalam suatu ruangan, apabila perangkat itu diletakkan ditengah-tengah di antara ketiga alat plambing tersebut;
- 3) Perangkat tidak diperlukan untuk alat plambing dan perlengkapannya yang menyalurkan buangan tidak langsung melalui pipa pembuangan yang panjang ukurannya tidak lebih dari 1 meter diukur dari lubang pembuangan alat plambing tersebut;
- 4) Perangkat tidak diperlukan untuk kolam renang yang menyalurkan buangan tidak langsung atau kolam renang pribadi yang menyalurkan buangannya ke sistem pembuangan tersendiri.

Tabel 2.1. Ukuran minimum perangkat untuk macam-macam alat plambing.

No	Alat Plambing	mm
1.	Bak mandi (dengan atau tanpa dus)	40
2.	Bidet	40
3.	Gabungan bak cuci dan dulang cuci pakaian dengan unit penggerus sisa makanan	40
4.	Unit dental atau peludahan	32
5.	Bak cuci tangan untuk dokter gigi	32
6.	Pancaran air minum	32
7.	Mesin cuci piring untuk rumah tangga	40
8.	Mesin cuci piring untuk komersial	50

No	Alat Plambing	mm
9.	Lubang pengering lantai	80
10.	Bak cuci dapur untuk rumah tangga	40
11.	Bak cuci dapur untuk rumah tangga dengan unit penggerus sisa makanan	40
12.	Bak cuci tangan umum	32
13.	Bak cuci tangan untuk pemangkas rambut, salon kecantikan dan kamar bedah	40
14.	Bak cuci tangan jenis majemuk (pancuran cuci atau bak cuci)	40
15.	Bak cuci pakaian (satu atau dua bagian)	40
16.	Dus (ruang dus)	50
17.	Bak cuci untuk kamar bedah	40
18.	Bak cuci jenis bibir pengglontor, katup glontor langsung	80
19.	Bak cuci jenis umum dipakai dengan perangkap P	50
20.	Bak cucui jenis umum dipakai dengan standar perangkap pada lantai	80
21.	Bak cuci komersiil dengan unit penggerus sisa makanan	50
22.	Bak cuci komersiil (pot, ruang cuci atau yang sejenis)	50
23.	Peturasan jenis berkaki lengkap dengan perangkap integral	80
24.	Perangkap (semua jenis lengkap dengan perangkap integral kecuali jenis berkaki)	50
25.	Peturasan jenis stall, washout dengan perangkap terpisah	50
26.	Peturasan jenis yang digantung pada dinding dengan perangkap terpisah	40
27.	Kloset	80

Catatan:
Perangkap terpisah digunakan untuk dulang cuci dan juga untuk bagian dari mesin cuci dengan unit penggerus sisa makanan.

3. Sistem penyediaan air minum.

a. Sumber air minum.

Ketentuan mengenai sumber air minum adalah sebagai berikut :

- 1) Bangunan yang dilengkapi dengan sistem plambing harus mendapat air minum yang cukup dari saluran air minum kota. Bila penyambungan tersebut tidak dapat dilakukan, karena tidak tersedianya saluran air minum

kota atau karena sebab lain, maka harus disediakan sumber air lain yang memenuhi persyaratan air minum.

- 2) Tiap persil berhak mendapat sambungan dari saluran air minum kota.

b. Kualitas air.

Ketentuan kualitas air adalah sebagai berikut :

- 1) Hanya air yang memenuhi persyaratan air minum sesuai SNI No. 01-0220-1987 tentang "Air minum" yang boleh dialirkan ke alat plambing dan perlengkapan plambing yang dipergunakan untuk minum, masak, pengolahan makanan, pengalengan atau pembungkusan, pencucian alat makan dan minum, alat dapur atau untuk keperluan rumah tangga sejenis lainnya;
- 2) Air bersih yang tidak memenuhi persyaratan air minum hanya dibatasi untuk kloset, peturasan dan alat plambing serta perlengkapan lainnya yang tidak memerlukan air yang memenuhi persyaratan air minum. Semua kran dan alat yang dialiri air yang tidak memenuhi persyaratan air minum harus diberi tanda dengan jelas bahwa air tersebut membahayakan kesehatan.
- 3) *Jet washer* atau perangkat pembersih lainnya atau pancuran yang dipasang pada kloset dan peturasan untuk membersihkan bagian badan harus dialiri dengan air yang memenuhi persyaratan air minum.
- 4) Semua kran untuk wudhu harus dialiri dengan air yang memenuhi persyaratan air minum.

c. Perlindungan penyediaan air minum.

1) Bahan Beracun

Untuk melindungi penyediaan air minum dari bahan beracun, maka bahan pipa yang dapat menimbulkan racun dalam kadar yang membahayakan di dalam air minum tidak boleh digunakan dalam sistem penyediaan air minum;

2) Pipa Bekas

Pipa bekas yang digunakan bukan untuk keperluan sistem penyediaan air minum, tidak boleh digunakan untuk menyalurkan air minum.

3) Hubungan silang antara jaringan penyediaan air minum pribadi dengan sistem penyediaan air minum kota.

Jaringan penyediaan air minum pribadi tidak boleh disambungkan dengan sistem penyediaan air minum kota, kecuali apabila secara khusus dibenarkan.

d. Hubungan Antar.

- 1) Bagian dari jaringan penyediaan air minum, termasuk juga pipa pembuangan dari katup pelepas dan tambahan lain dari jaringan penyediaan air minum, tidak boleh disambungkan langsung dengan pipa pembuangan atau pipa ven;
- 2) Pipa air minum, lubang pengaliran keluar, pemecah hampa dan perlengkapan sejenis lainnya harus ditempatkan sedemikian rupa, sehingga dapat dicegah terendahnya alat tersebut dalam cairan yang mengalami pengotoran, kecuali apabila ada pengaturan tertentu yang tidak mengharuskan atau untuk jaringan pipa kolam renang kecuali apabila secara khusus dibenarkan.

4. Syarat Penyediaan Air.

a. Kuantitas dan tekanan air.

Alat dan perlengkapan plambing harus diberi aliran air minum dengan kuantitas dan tekanan yang cukup agar dapat bekerja baik tanpa menimbulkan suara yang berlebihan.

b. Perencanaan, pengaturan dan pemeliharaan.

Jaringan distribusi air harus direncanakan dan diatur sedemikian rupa, sehingga dengan penyaluran air yang minimal alat plambing dapat bekerja baik. Jaringan

tersebut harus dipelihara untuk mencegah kebocoran dan terbuangnya air yang meluap.

c. Tekanan Air.

- 1) Tekanan minimum pada setiap saat di titik aliran keluar harus 50 kPa (0,50 kg/cm²), tekanan pada katup pengglontor langsung sekurang-kurangnya 1 kg/cm². Pada perlengkapan lain yang mensyaratkan tekanan lebih besar, tekanan minimum harus sebesar tekanan yang diperlukan agar perlengkapan tersebut dapat bekerja dengan baik.
- 2) Bila tekanan dalam jaringan distribusi air minum kota tidak dapat memenuhi persyaratan tekanan minimum di titik pengaliran keluar, maka harus dipasang suatu tangki penyediaan air yang direncanakan dan ditempatkan untuk dapat memberikan tekanan minimum yang disyaratkan. Tangki tersebut dapat berupa tangki bertekanan atau tangki gravitasi.
- 3) Bila tekanan air lebih dari 500 kPa (5 kg/cm²) atau bila terdapat katup atau kran yang menutup sendiri, maka harus dipasang suatu tabung udara atau alat mekanis yang dibenarkan untuk mencegah bahaya akibat tekanan, pukulan air dan suara dalam pipa yang tidak dikehendaki.

d. Sistem hidran kebakaran dan springkler otomatis.

Syarat penyediaan air minum adalah sebagai berikut :

- 1) Bila sistem hidran kebakaran atau sistem springkler otomatis mendapat aliran dari pipa air minum, maka pipa air minum tersebut harus disambungkan pada pipa yang selalu mempunyai tekanan dan kapasitas yang mencukupi;
- 2) Pipa penyalur air ke sistem hidran kebakaran atau sistem springkler otomatis harus direncanakan dan dipasang sedemikian rupa, agar setiap saat dapat

menyalurkan air dalam kuantitas yang mencukupi sehingga alat tersebut dapat bekerja baik.

5. Tangki Penyediaan Air.

a. Konstruksi.

Konstruksi tangki penyediaan air harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- 1) Tangki penyediaan air harus direncanakan, dibuat sedemikian rupa sehingga tidak bocor, tahan terhadap binatang perusak, korosi dan tekanan yang timbul pada waktu penggunaannya;
- 2) Tangki harus mempunyai perlengkapan sedemikian rupa, sehingga pemeriksaan dapat dilakukan dengan aman dan mudah;
- 3) Kapasitas tangki tunggal di suatu gedung tidak boleh lebih dari 115 m³. Bila beberapa tangki dengan jumlah kapasitas lebih dari 115 m³ ditempatkan di atas atap datar dan pengurasannya dibuang di atas atap tersebut, maka pipa penguras tangki harus dibuat dan ditempatkan demikian rupa, sehingga pembuangan penguras dapat terbagi ke drainase atap yang terpisah-pisah;
- 4) Konstruksi tangki tekan harus memenuhi syarat sesuai dengan ketentuan.
- 5) Tangki gravitasi atau tangki tak bertekanan harus tertutup dan dilengkapi dengan ven, yang bukaannya dilindungi terhadap masuknya serangga.

b. Penunjang Tangki.

Penunjang tangki harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- 1) Konstruksi penunjang tangki harus tahan api sesuai ketentuan yang berlaku;
- 2) Tangki dan penunjangnya tidak boleh digunakan untuk menahan alat atau konstruksi yang tidak ada hubungannya dengan penggunaan tangki, kecuali

menyalurkan air dalam kuantitas yang mencukupi sehingga alat tersebut dapat bekerja baik.

5. Tangki Penyediaan Air.

a. Konstruksi.

Konstruksi tangki penyediaan air harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- 1) Tangki penyediaan air harus direncanakan, dibuat sedemikian rupa sehingga tidak bocor, tahan terhadap binatang perusak, korosi dan tekanan yang timbul pada waktu penggunaannya;
- 2) Tangki harus mempunyai perlengkapan sedemikian rupa, sehingga pemeriksaan dapat dilakukan dengan aman dan mudah;
- 3) Kapasitas tangki tunggal di suatu gedung tidak boleh lebih dari 115 m³. Bila beberapa tangki dengan jumlah kapasitas lebih dari 115 m³ ditempatkan di atas atap datar dan pengurasannya dibuang di atas atap tersebut, maka pipa penguras tangki harus dibuat dan ditempatkan demikian rupa, sehingga pembuangan penguras dapat terbagi ke drainase atap yang terpisah-pisah;
- 4) Konstruksi tangki tekan harus memenuhi syarat sesuai dengan ketentuan.
- 5) Tangki gravitasi atau tangki tak bertekanan harus tertutup dan dilengkapi dengan ven, yang bukaannya dilindungi terhadap masuknya serangga.

b. Penunjang Tangki.

Penunjang tangki harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- 1) Konstruksi penunjang tangki harus tahan api sesuai ketentuan yang berlaku;
- 2) Tangki dan penunjangnya tidak boleh digunakan untuk menahan alat atau konstruksi yang tidak ada hubungannya dengan penggunaan tangki, kecuali

apabila direncanakan secara khusus untuk maksud tersebut.

c. Penempatan tangki.

Tangki tidak boleh ditempatkan di atas lubang pada lantai atau atap. Penembusan pipa yang melayani tangki pada lantai atau atap harus rapat air.

d. Tangki penyediaan air minum untuk keperluan rumah tangga dan sistem hidran kebakaran atau sistem springkler otomatis.

Tangki penyediaan air yang melayani keperluan rumah tangga, sistem hidran kebakaran dan sistem springkler otomatis harus :

- 1) Direncanakan dan dipasang sedemikian rupa, sehingga dapat menyalurkan air dalam kuantitas dan tekanan yang cukup untuk sistem tersebut;
- 2) Mempunyai lubang aliran keluar untuk keperluan rumah tangga pada ketinggian tertentu dari dasar tangki, sehingga persediaan minimum yang diperlukan untuk pemadam kebakaran dapat dipertahankan;
- 3) Mempunyai lubang aliran keluar untuk sistem hidran kebakaran pada ketinggian tertentu dari dasar tangki, sehingga persediaan minimum yang diperlukan untuk hidran kebakaran dan sistem springkler otomatis dapat dipertahankan.

B. PERENCANAAN SISTEM PLAMBING

Sistem plambing merupakan bagian yang tak dapat dipisahkan dalam pembangunan gedung. Oleh karena itu, perencanaan dan perancangan sistem plambing haruslah dilakukan bersamaan dan sesuai dengan tahapan – tahapan perencanaan dan perancangan gedung itu sendiri, dengan memperhatikan secara seksama hubungannya dengan bagian – bagian konstruksi gedung serta dengan peralatan lainnya yang ada dalam gedung tersebut (seperti, pendingin udara, listrik, dll).

Perencanaan dan perancangan sistem plambing dimulai dengan rencana konsep, rencana dasar, rancangan pendahuluan, dan gambar – gambar pelaksanaan, dengan selalu memperhatikan koordinasi dan keserasian dengan perencanaan elemen lainnya dalam gedung. Dalam menyiapkan rancangan konsep sistem plambing, hal – hal berikut ini perlu diketahui :

- 1) Jenis dan penggunaan gedung
- 2) Denah bangunan
- 3) Jumlah penghuni

Dalam tahap rancangan konsep, penelitian lapangan sangat penting di samping hal - hal yang disebut diatas. Penelitian lapangan yang kurang memadai ataupun tidak lengkap tidak hanya akan menimbulkan kesulitan pada tahap awal perancangan, tetapi bahkan dapat menyebabkan terhambatnya pelaksanaan pemasangan instalasi. Oleh karena itu penelitian lapangan merupakan bagian dari pekerjaan perencanaan dan perancangan . Penelitian lapangan tidak hanya berarti kunjungan ke lokasi pembangunan gedungnya dan melihat situasi setempat, tetapi mencakup pula perundingan dengan instansi Pemerintah yang berwenang, menjajagi pendapat instansi pengairan dan perikanan setempat, serta penelitian yang menyangkut hak penggunaan air dan pembuangan air.

Dalam tahap rencana dasar disiapkan dasar – dasar perancangan, dengan menggunakan rencana konsep serta data yang diperoleh dari penelitian lapangan. Antara lain perlu dilakukan :

- 1) Pertemuan dengan pemilik gedung atau perancang gedung
- 2) Penyesuaian dengan persyaratan gedung maupun peralatan lainnya.

Setelah menetapkan dasar – dasar perancangan, jenis sistem plambing dapat dipilih, data untuk perhitungan perancangan dapat disiapkan dan jenis – jenis peralatannya dipelajari.

Berdasarkan rencana dasar yang telah dibuat, kapasitas dari sistem dan perletakan peralatan plambing dipelajari lebih detail dengan menggunakan gambar – gambar pendahuluan denah bangunan.

Setelah rancangan pendahuluan diperiksa dan disetujui oleh pemilik gedung ataupun perancang gedung, perhitungan dan gambar – gambar pelaksanaan dapat disiapkan. Selain itu juga disiapkan dokumen spesifikasi dan erkiraan biaya pelaksanaan . Kontraktor pelaksana akan membuat penawaran biaya pelaksanaan berdasarkan gambar rancangan dan spesifikasi tersebut, yang akan menjadi bagian penting dari dokumen kontraknya dengan pemberi tugas (pemilik gedung). Disamping itu, kontraktor pelaksana akan menyiapkan pula gambar – gambar kerja (shop drawings) untuk menunjukkan / menegaskan detail pemasangan. Oleh karena itu, tidaklah dapat diterima adanya kesalahan / kekurangan dalam rancangan pelaksanaan sistem plambing, demikian pula adanya perbedaan maupun ketidak cocokan dengan pekerjaan rancangan arsitektur, struktur, elektrikal dan mekanikal. Perlu dilakukan pentingnya pemeriksaan dokumen – dokumen rancangan yang menyangkut seluruh disiplin.

Walaupun belum disahkan sebagai suatu peraturan yang diundangkan, untuk wilayah negara Republik Indonesia hendaknya digunakan buku “ Pedoman Plambing Indonesia ” yang telah disiapkan oleh Direktorat Jendral Cipta Karya, Departemen Pekerjaan Umum. Apabila ada hal – hal yang belum diatur dalam buku Pedoman tersebut, selama tidak bertentangan dengan peraturan – peraturan Pemerintah yang berlaku, dapat pula digunakan standar – standar yang berlaku secara internasional.

C. PENCEGAHAN PENCEMARAN AIR

Sistem penyediaan air dingin meliputi beberapa peralatan seperti *tangki air bawah tanah*, *tangki air diatas atap*, *pompa-pompa*, *perpipaan*, dsb. Dalam peralatan ini, air minum harus dapat dialirkan ketempat – tempat yang dituju tanpa mengalami pencemaran. Pencegahan pencemaran lebih ditekankan pada sistem penyediaan air dingin, dan inilah faktor terpenting ditinjau dari segi kesehatan. Walaupun demikian, pencemaran adalah suatu kejadian yang dapat dengan mudah terjadi di bagian manapun. Sebagai contoh Amerika Serikat, negara yang paling dianggap terkemuka di bidang plambing, dilaporkan bahwa pencemaran air minum telah

membunuh lebih dari 100 orang dan menyebabkan sakitnya sekitar 1000 orang di kota Chicago antara tahun 1932 – 1933.

Hal – hal yang dapat menyebabkan pencemaran antar lain, masuknya kotoran, tikus, serangga kedalam tangki; terjadi karat dan rusaknya bahan tangki dan pipa; terhubungnya pipa air minum dengan pipa lainnya; tercampurnya air minum dengan air dari jenis kualitas lainnya; aliaran balik (back flow) air dari jenis kualitas lainnya kedalam pipa air minum.

Dari contoh diatas nyatalah bahwa pencemaran dapat dengan mudah terjadi, tetapi juga sebenarnya tidaklah terlalu sulit mencegahnya. Dibawah ini akan dikemukakan beberapa contoh pencemaran dan pencegahannya.

1. Larangan hubungan pintas

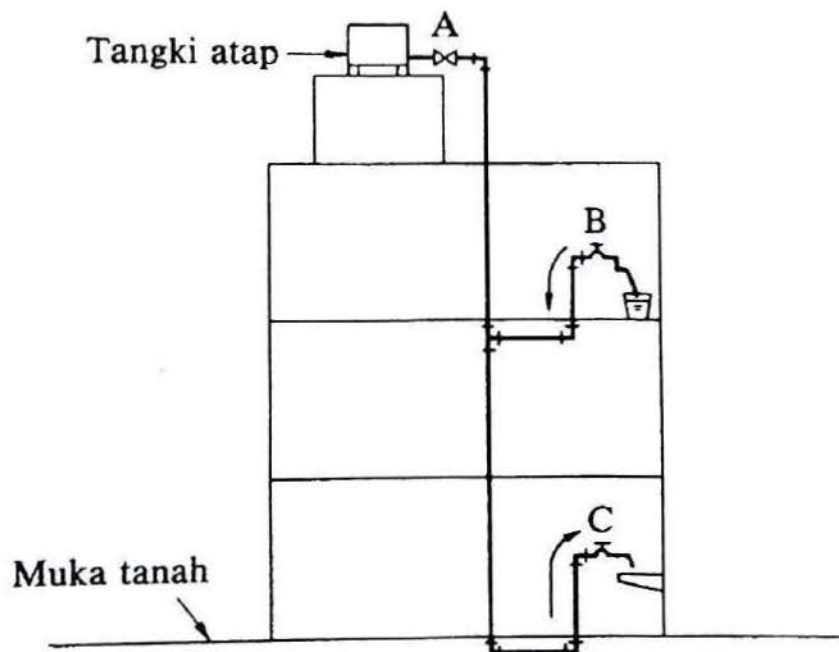
Hubungan pintas adalah hubungan fisik antara dua *sistem* pipa yang berbeda, satu sistem pipa untuk air minum dan sistem pipa lainnya berisi air yang tidak diketahui / diragukan kualitasnya, diman air akan apat mengalir dari satu sistem ke sistem lainnya. Di beberapa negara lainnya hubungan pintas ini secara tegas dilarang. Sebagai misal, membuat hubungan pintas antara sebuah tangki air minum dengan tangki untuk air bukan air minum, walaupun diperkirakan tidak akan terjadi pencemaran, sama sekali tidak diperbolehkan. Demikian pula sistem perpipaan air minum tidak boleh dihubungkan dengan sistem perpipaan lainnya. Sistem perpipaan air minum dan peralatannya tidak boleh terendam dalam air kotor / bahan lain yang tercemar.

2. Pencegahan aliran balik

Aliran balik adalah aliran air atau cairan lain, zat ataupun campuran, kedalam sistem perpipaan air minum yang berasal dari sumber lain yang bukan untuk air minum. Aliran balik tidak dapat dipisahkan dari hubungan pintas dan ini disebabkan oleh terjadinya efek shipon balik (back shiponage). Dengan perkataan lain; sistem perpipaan air minum yang dapat menimbulkan efek shipon balik dapat juga disebut mempunyai hubungan pintas. Efek shipon balik adalah terjadinya aliran masuk kedalam pipa air minum dari air bekas, air tercemar, dari peralatan saniter atau tangki, disebabkan oleh timbulnya tekanan negatif dalam pipa.

Sudah pernah terbukti bahwa aliran balik ini dapat menimbulkan penyakit yang mematikan, dan dalam kehidupan sehari-hari aliran balik ini terjadi oleh karena sembronno atau kurang pengetahuan. Sebagai contoh dapat dilihat kemungkinan pada bak mandi, bak cuci, mesin pencuci, dsb. Apabila pencucian dilakukan dalam bak dengan slang air tersambung pada keran sedang ujung slang terendam dalam air cucian, air kotor bekas cucian dapat terisap kedalam sistem pipa air minum pada waktu terjadi tekanan negatif. Tekanan negatif dalam sistem pipa sering disebabkan oleh terhentinya penyediaan air, atau karena penambahan kecepatan aliran yang cukup besar dalam pipa.

Suatu contoh sederhana dapat dilihat pada Gambar 2.1. misalnya dalam keadaan dimana katup pada titik A ditutup untuk perbaikan sistim pipa sedangkan slang air yang terpasang pada keran B ujungnya tetap terendam dalam ember berisi air. Apabila keran C dibuka, tekanan negatif akan timbul dalam sistim pipa karena keran A tetap tertutup. Tekanan negatif ini menyebabkan air kotor dari dalam ember terisap masuk melalui keran B dan keluar melalui keran C, ini adalah suatu contoh terjadinya efek shipon – balik.



Gambar 2.1. Instalasi Yang Memungkinkan Aliran Balik

Peralatan berikut ini dapat menimbulkan efek *shipon – balik*:

- 1) Berbagai macam peralatan untuk menyimpan air (tangki air, tangki ekspansi, menara pendingin, kolam renang, dsb.)
- 2) Peralatan yang dapat menampung air (bak cuci tangan, bak cuci dapur, dsb.)
- 3) Beberapa peralatan khusus (peralatan dapur, kedokteran, mesin cuci, dsb.)

Pencegahan aliran – balik dapat dilakukan dengan menyediakan celah udara / memasang penahan aliran – balik.

1) Celah udara

Celah udara dalam suatu sistim penyediaan air adalah ruang bebas berisi udara bebas, antara bagian terendah dari lubang pipa atau keran yang akan mengisi air kedalam tangki atau peralatan plambing lainnya, dengan muka air meluap melalui bibir tangki atau peralatan plambing tersebut. Muka air ini bukanlah muka air pada waktu meluap secara normal melalui lubang peluap yang khusus disediakan untuk itu. Tabel berikut merupakan lebar celah udara minimum pada berbagai kondisi lapangan.

Tabel 2.2. Lebar Celah Udara Minimum

Tidak dipengaruhi dinding yang dekat	Kalau dipengaruhi oleh dinding yang berdekatan						
	Satu dinding			Dua dinding			
1,7d' + 5	Jarak dari dinding			Jarak dari dinding			
	< 3d'	antara 3d'	> 5d'	< 4d'	antara 4d'	antara 6d'	> 7d'
	3d'	2d' + 5	1,7d' + 5	3,5d'	3d'	2d' + 5	1,7d' + 5

- Catatan:* (1) *d*: diameter dalam lubang keran (mm)
d': diameter efektif bukaannya (mm)
 (2) Kalau penampang bukan berbentuk segi empat, *d*: sisi terpanjang segi empat tsb.
 (3) Kalau ada dinding walau hanya sedikit lebih tinggi dari bibir taraf banjir, dianggap sebagai dinding yang berdekatan.
 (4) Kalau bidang ujung lubang keran membentuk sudut dengan bidang rata-air, celah udara diukur dari ujung bawah lubang keran tersebut sampai bidang bibir taraf banjir.

Dalam keadaan darurat muka air dapat sampai lebih tinggi dari pada lubang peluap tersebut. Oleh karena itu, celah udara tidak di ukur sampai lubang peluap melainkan sampai muka air tertinggi yang dapat terjadi dalam keadaan apapun. Apabila celah

udara tidak dapat dijaga, air kotor dapat terisap kembali kedalam sistim perpipaan air minum. Umumnya celah udara dapat selalu dijaga pada keran air dingin atau air panas pada bak cuci tetapi pada bak cuci dapur, peralatan industri, dsb, seringkali tidak dapat dijaga adanya celah udara tersebut sebaik – baiknya.

Celah udara boleh disediakan di dalam tangki, hanya untuk penyediaan air minum ke tangki kota atau tangki diatas atap gedung. Dalam kasus semacam ini, celah udara sebagaimana harus dijaga, agar tidak terjadi pencemaran kedalam pipa air masuk apabila terjadi pencemaran dalam tangki itu sendiri.

2) Pencegah Aliran Balik

Beberapa peralatan plambing tidak dapat diberikan celah udara, oleh alasan penggunaannya ataupun konstruksinya, kadang oleh alasan estetik/ arsitektur. Dalam keadaan demikian, maka alat pencegah aliran balik perlu dipasang. Alat pencegahan aliran balik yang banyak dipasang adalah yang disebut “pemecah vakum” yang mencegah efek shipon – balik dengan cara otomatis memasukkan udara ke dalam pipa penyediaan air apabila terjadi tekanan negatif didalam sistim pipa tersebut.

Peralatan – peralatan plambing yang harus dipasangkan pemecah vakum adalah: katup – gelontor (*flush valve*) untuk kloset dan peturasan, katup bola untuk tangki gelontor, bidet, pancuran mandi yang tidak terpasang tetap, keran air untuk selang, mesin cuci untuk pakaian dan piring, penyiram taman.

Mesin cuci pakaian pada akhir – akhir ini makin banyak digunakan dirumah. Beberapa jenisnya menyediakan kait tempat menggantungkan slang pengisi air, yang letaknya lebih rendah dari pada bak muka air banjir bak pencuci, sedangkan ujung slang ini terbenam dalam air bak tersebut. Mesin cuci ini cenderung dapat menimbulkan aliran balik , kecuali apabila diambil langkah pencegahan, misalnya : memasang pemecah vakum atau menggantungkan slang ditempat yang lebih tinggi dan mencegah ujung slang terbenam dalam air bak cuci.

Pemecah vakum yang sekarang banyak digunakan dari dua jenis, yaitu jenis pemecah vakum tekanan – atmosfer (dipasang

pada sisi sekunder), dan jenis pemecah vakum tekanan – positif (dipasang pada sisi primer).

Pemecah vakum tekanan – atmosfer. Jenis ini dipasang pada alat – alat yang mengalami tekanan hanya apabila ada aliran air. Pemecah vakum dipasang pada sisi yang tidak mendapat tekanan air terus – menerus , artinya pada sisi hilir dari katup .

Pemecah vakum tekanan – positif. Jenis ini dipasang pada sisi yang bertekanan air terus – menerus. Prinsip kerjanya dapat dijelaskan sbb:

- a) Melalui sebuah lubang kecil tekanan air masuk rongga diafram untuk menekan katup, mencegah air keluar melalui lubang udara.
- b) Apabila oleh sesuatu sebab terjadi tekanan negatif didalam pipa, rongga diafram juga akan mempunyai tekanan negatif, dan tekanan atmosfer dibawah diafram akan mendorong katup terbuka untuk memasukkan udara.

Dengan demikian tekanan negatif akan hilang dan mencegah terjadinya shigon-balik. Pada pemecah vakum jenis tekanan positif ini , piring katup selalu dalam keadaan tetekan pada dudukannya, sehingga timbul keraguan apakah katup tersebut dapat dengan mudah membuka pada saat terjadi tekanan negatif. Walaupun demikian, ditinjau dari fungsinya jenis tekanan negatif lebih disukai.

Pemasangan pemecah vakum

Karena pemecah vakum dimaksudkan untuk memasukkan udara kedalam sistem pipa, untuk mencegah agar air dalam bak atau tangki tidak terhisap kembali, maka pemecah vakum tersebut harus dipasang pada suatu jarak diatas batas muka air banjir dari bak atau tangki tersebut. Jarak ini biasanya sekurang – kurangnya 150 mm.

Pukulan – air dan pencegahannya

Bila aliran air dalam pipa dihentikan secara mendadak oleh keran atau katup, tekanan air pada sisi atas (upstream) akan meningkat dengan tajam dan menimbulkan “gelombang tekanan” yang akan merambat dengan kecepatan tertentu, dan kemudian dapat dipantulkan kembali ke tempat semula. Gejala ini

menimbulkan kenaikan tekanan yang sangat tajam sehingga menyerupai suatu pukulan, dan dinamakan gejala pukulan air (*water hammer*) tekanan yang timbul dinamakan tekanan pukulan air (*water hammer pressure*).

Pukulan mengakibatkan berbagai kesulitan seperti kerusakan pada peralatan plambing, getaran pada sistim pipa, patahnya pipa, kebocoran dan suara berisik. Artinya dapat mengurangi umur kerja peralatan dan sistim pipa.

Gelombang tekanan yang timbul pada gejala pukulan air dapat dinyatakan dengan rumus berikut :

$$a = \frac{(K)(g)/(\gamma)}{\sqrt{1 + \frac{(K)(d)}{(E)(t)}}$$

Di mana: a = kecepatan rambat gelombang tekanan (m/det)
 K = koefisien elastisitas volumetrik air (kg/m²)
 Untuk air bersih pada temperatur normal nilai K adalah sebesar 207-juta (kg/m²)
 g = akselerasi gravitasi = 980 (m/det²)
 berat spesifik air (kg/m³)
 untuk air bersih dapat diambil = 1000 (kg/m³)
 E = koefisien elastisitas memanjang dari bahan pipa (kg/m²)
 Pipa baja karbon E = 21000-juta (kg/m²)
 Pipa besi tuang E = 10000-juta (kg/m²)
 Pipa tembaga E = 15400-juta (kg/m²)
 Pipa PVC E = 250-juta (kg/m²)
 d = diameter dalam dari pipa (m)
 t = tebal dinding pipa (m)

Kekuatan tekanan pukulan air bergantung pada jangka waktu untuk menutup keran atau katup tersebut *T* (detik). Kalau jarak yang harus ditempuh gelombang tekanan sebelum dipantulkan adalah *L* (m), maka waktu yang ditempuh gelombang tekanan tersebut untuk kembali lagi adalah (2) (*L*)/(*a*) (detik). Secara umum dapat dikatakan bahwa tekanan pukulan air akan besar kalau *T* lebih besar atau sama dengan (2) (*L*)/(*a*). Besarnya pukulan air ini sebanding dengan kecepatan aliran air sebelum katup menutup.

Karena itu kecepatan ini harus dapat dikurangi sebelum katup menutup rapat.

Mencegah timbulnya pukulan air

Pukulan air cenderung terjadi dalam keadaan berikut ini :

- 1) Tempat – tempat dimana katup ditutup / dibuka mendadak
- 2) Keadaan dimana tekanan air dalam pipa selalu tinggi
- 3) Keadaan dimana kecepatan air dalam pipa selalu tinggi
- 4) Keadaan dimana banyak jalur ke atas dan ke bawah dalam sistim pipa
- 5) Keadaan dimana banyak belokan dibandingkan jalur lurus
- 6) Keadaan dimana temperatur air tinggi

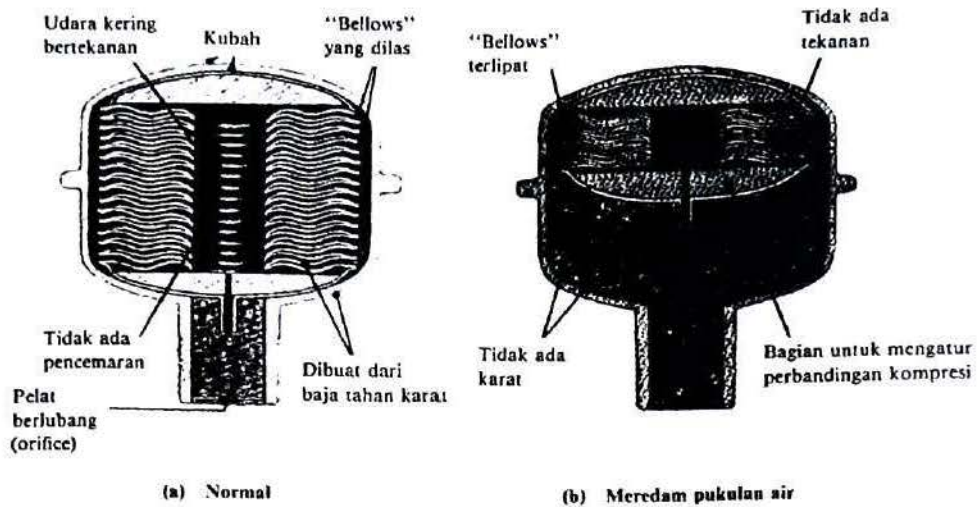
Jelas bahwa pencegahan gejala pukulan air menyangkut tindakan untuk menguasai keadaan – keadaan diatas, dan meliputi cara – cara berikut ini :

- 1) Menghindarkan tekanan kerja yang terlalu tinggi
- 2) Menghindarkan kecepatan aliran yang terlalu tinggi
- 3) Memasang rongga udara atau alat pencegah pukulan air
- 4) Menggunakan dua katup-bola-pelampung pada tangki air

Rongga udara dan pencegah pukulan – air

Memasang rongga udara atau alat pencegah pukulan air adalah cara yang paling banyak digunakan. Karena pukulan air terjadi oleh sifat non-kompresibel dari air, maka sebenarnya meredam tekanan yang timbul sudah cukup untuk menghilangkan akibatnya. Udara yang bersifat kompresibel dan disediakan dalam suatu rongga akan mampu meredam tekanan ini.

Alat pencegah pukulan-air meredam tekanan dengan komponen elastis dari karet atau pegas.



Gambar 2.2. Alat Pencegah Pukulan Air

Rongga udara harus dipasang pada puncak pipa tegak dimana ada kemungkinan akan timbul pukulan air. Untuk katup gelontor kloset, bak cuci tangan, dan peralatan plambing lainnya, rongga udara harus dipasang pada pipa masuk yang tegak dan sedekat mungkin dengan katup – katup yang bersangkutan. Pada dasarnya rongga udara dibuat dengan memasang pipa tegak sepanjang 30 cm dan tertutup dibagian atas, dengan ukuran yang sama dengan pipa masuk.

Untuk katup – katup ukuran besar, misalnya pada mesin cuci komersiil, harus dipasang rongga udara dengan ukuran yang cukup besar sesuai dengan ukuran katupnya. Dalam beberapa keadaan, dapat dipasang satu rongga udara atau satu alat pencegah pukulan – air untuk melayani beberapa peralatan plambing yang terletak pada satu jalur pipa. Tetapi cara ini akan menyebabkan seluruh jalur berfungsi dengan baik kalau rongga udara atau alat pencegah pukulan air tersebut rusak, walaupun ditinjau segi perawatannya lebih sederhana.

Rongga udara dapat dikatakan ekonomis, karena untuk itu dapat dibuat dari sisa – sisa potongan pipa sampai ukuran tertentu. Dari segi lain, udara dalam rongga tersebut lama-kelamaan dapat lenyap karena terbawa mengalir keluar dalam bentuk “ gelembung ”, atau larut sebagai gas dalam air. Oleh karena itu, secara periodik sistim pipa perlu dikuras untuk memasukkan udara baru kedalam

rongga-rongga udara dalam instalasi, atau memasang untuk memasukkan udara kedalam rongga-rongga udara ukuran besar.

Pencegah pukulan-air tidak menimbulkan kerepotan untuk mengisi udara, tetapi karena prinsip kerjanya menggunakan komponen yang bergerak (mekanis) maka kemungkinan terjadinya kerusakan selalu ada. Untuk memudahkan perawatan sebaik-baiknya disediakan "ruang" yang cukup.

Dalam pipa-keluar pompa

Dalam pipa-keluar pompa, pukulan-air terjadi dalam situasi yang lebih rumit dibandingkan dengan yang terjadi dalam pipa umumnya. Pada waktu motor penggerak pompa dihentikan tidak akan langsung menimbulkan pukulan-air. Ini disebabkan karena rotor pompa tidak akan langsung berhenti oleh kelembamannya. Tekanan keluar dan laju aliran air akan berkurang sesuai dengan menurunnya kecepatan putaran pompa. Disamping itu, air dalam pipa akan tetap mengalir pula akibat kelembamannya sendiri. Akibatnya, tekanan pada sisi keluar pompa akan turun lebih rendah daripada tekanan yang normal. Pada suatu kecepatan putaran, tekanan pada sisi keluar pompa akan demikian rendah sehingga air tidak dapat mengalir lagi, dan akibatnya air akan mengalir balik.

Pada umumnya pompa dilengkapi dengan katup aliran searah (check valve), sehingga aliran balik akan mendorong katup untuk menutup. Kuat atau lemahnya pukulan air dalam keadaan ini akan bergantung kepada kecepatan aliran balik tersebut. Dalam keadaan lain dapat pula terjadi aliran terhenti sebagai akibat turunnya tekanan air sehingga lebih rendah dari pada tekanan uap jenuhnya. Dalam hal ini akan terbentuk rongga berisi uap jenuh dan terjadi pemisahan kolom air. Pada akhirnya kolom air tersebut akan mengalir balik dan membentur kolom air sisanya yang lebih dekat dengan pompa dan mengakibatkan pukulan air yang cukup kuat.

Check valve yang dipasang sebaiknya dengan konstruksi khusus untuk mencegah terjadinya pukulan air atau perpipaanya diatur sedemikian rupa untuk mencegah terjadinya pemisahan kolom air. Instalasi pompa dengan tinggi-angkat (lift) yang besar cenderung menimbulkan pukulan air.

Mencegah timbulnya pukulan-air

- 1) Kalau digunakan *swing-type check valve* akan dapat terjadi penutupan mendadak pada waktu terjadi aliran balik dan ini dapat menimbulkan pukulan air. Karena itu sebaiknya dipasang jenis yang dapat meredam pukulan.
- 2) Dengan menghilangkan katup aliran searah pada sisi keluar pompa, pada waktu terjadi aliran balik maka seluruh air akan masuk kembali kedalam tangki isap pompa. Karena cara ini dapat menyebabkan pompa berbalik arah putarannya, maka sebelum memilih cara ini harus ditanyakan pada pembuat pompa apakah hal ini tidak akan menimbulkan kerusakan pompa.
- 3) Apabila lokasi pompa dalam arah horisontal cukup jauh dari tangki atas, bagian pipa horisontal keluar pompa hendaknya dipasang serendah mungkin untuk mencegah pemisahan kolom air.

D. SISTEM PENYEDIAAN AIR BERSIH

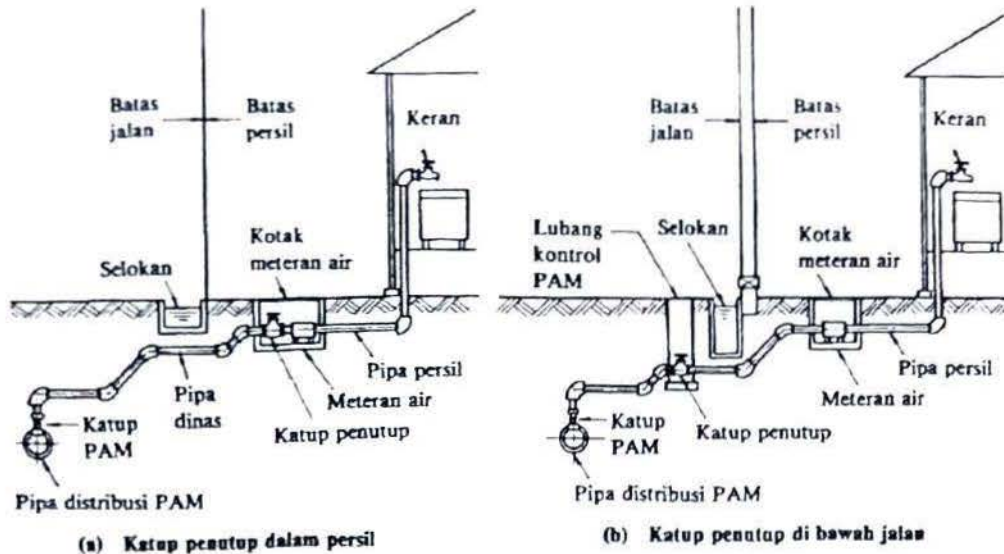
Pada waktu ini sistem penyediaan air bersih yang banyak digunakan dapat dikelompokkan sebagai berikut :

- 1) Sistem sambungan langsung
- 2) Sistem tangki atap
- 3) Sistem tangki tekan
- 4) Sistem tanpa tangki (booster system)

1. Sistem Sambungan Langsung

Dalam sistem ini pipa distribusi dalam gedung disambung langsung dengan pipa utama penyediaan air bersih (misalnya, pipa utama dibawah jalan dari Perusahaan Air Minum). Sebagai contoh dapat dilihat Gambar karena terbatasnya tekanan dalam pipa utama dan dibatasinya ukuran pipa cabang dari pipa utama tersebut, maka sistem ini terutama dapat diterapkan untuk perumahan dan gedung – gedung kecil dan rendah. Ukuran pipa cabang biasanya diatur/ ditetapkan oleh Perusahaan Air Minum.

Tangki pemanas air biasanya tidak disambung langsung kepada pipa distribusi, dan dibeberapa daerah tidak diizinkan memasang katup gelontor (*flush valve*).



Gambar 2.3. Sistem Sambungan Langsung

2. Sistem tangki atap

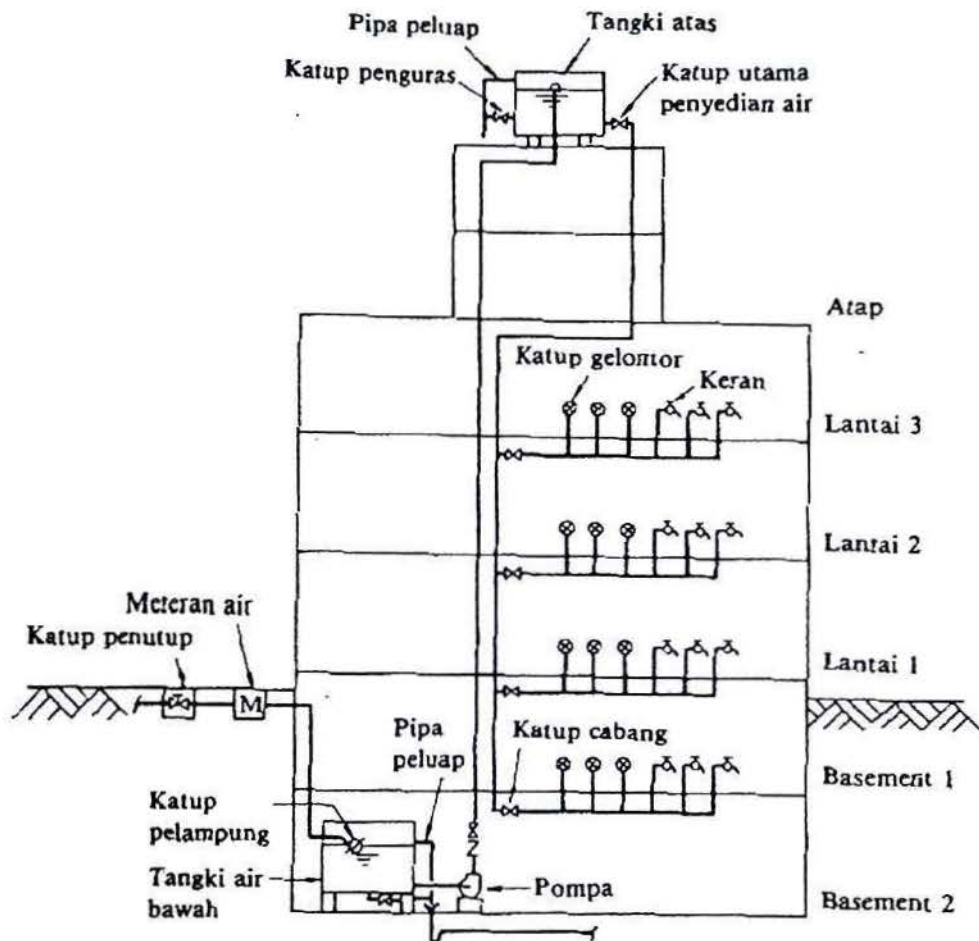
Apabila sistem sambungan langsung oleh berbagai alasan tidak dapat diterapkan, sebagai gantinya banyak sekali digunakan sistem tangki atap, terutama di negara Amerika Serikat dan Jepang. Dalam sistem ini, air ditampung lebih dahulu dalam tangki bawah (dipasang pada lantai terendah bangunan atau dibawah muka tanah), kemudian dipompakan ke suatu tangki atas yang biasanya dipasang diatas atap atau diatas lantai tertinggi bangunan.

Sistem tangki atap ini diterapkan seringkali karena alasan-alasan tersebut:

- 1) Selama airnya digunakan, perubahan tekanan yang terjadi pada alat plambing hampir tidak berarti. Perubahan tekanan ini hanyalah akibat perubahan muka air dalam tangki atap.
- 2) Sistem pompa yang menaikkan air ketangki atap bekerja secara otomatis dengan cara yang sangat sederhana sehingga kecil sekali kemungkinan timbulnya kesulitan. Pmpa biasanya dijalankan dan dimatikan oleh alat yang mendeteksi muka dalam tangki atap.
- 3) Perawatan tangki atap sangat sederhana dibandingkan dengan misalnya, tangki tekan.

Pada setiap tangki bawah dan tangki atap harus dipasang alarm yang memberikan tanpa suara untuk muka air rendah dan air penuh. Tanda suara (alarm) ini biasanya dipasang di ruang kontrol

atau ruang pengawas instalasi bangunan. Untuk bangunan yang cukup besar, sebaiknya disediakan pompa cadangan untuk menaikkan air ke tangki atap. Pompa cadangan ini dalam keadaan normal biasanya dijalankan bergantian dengan pompa utama, untuk menjaga agar kalau ada kerusakan atau kesulitan dapat segera diketahui.



Gambar 2.4. Sistem Dengan Tangki Atap

Apabila tekanan air dalam pipa utama cukup besar, air dapat langsung dialirkan kedalam tangki atap tanpa disimpan dalam tangki bawah dan dipompa. Dalam keadaan demikian ketinggian lantai paling atas yang dapat dilayani akan bergantung kepada besarnya tekanan air dalam pipa utama.

Hal terpenting dalam sistem tangki atap ini adalah menentukan letak "tangki atap" tersebut apakah dipasang di dalam langit-langit atau diatas atap atau dengan suatu konstruksi menara

yang khusus. Penentuan ini harus didasarkan atas jenis alat plambing yang dipasang pada lantai tertinggi bangunan dan yang menuntut tekanan kerja tertinggi.

Katup gelontor (*flush valve*) untuk kloset dan pemanas air dengan gas termasuk diantara alat – alat yang menurut tekanan kerja tertinggi. Sistem penyediaan air bersih biasanya dirancang sedemikian agar pada alat – alat tersebut diatas dapat disediakan tekanan air sebesar minimum $1,0 \text{ kg/cm}^2$. Dengan demikian maka tangki atas harus dipasang sedemikian sehingga muka air terendah berada 10 m atau lebih diatas alat – alat plambing tersebut.

Penggunaan Katup Gelontor Kloset

Katup gelontor kloset seluruhnya dibuat dari logam , biasanya dibuat dengan penampilan cukup baik, ukurannya cukup kecil sehingga tidak banyak makan tempat, dan dapat digunakan berkali – kali dengan cepat. Karena itu cocok sekali untuk dipasang dalam bangunan yang penghuninya beraneka ragam. Katup gelontor ini biasanya mempunyai pipa masuk berukuran 25 mm dan menuntut tekanan kerja minimum untuk operasi normal sebesar $0,7 \text{ kg/cm}^2$ (tekanan statik pada waktu air mengalir). Tekanan yang harus disediakan harus dapat mengatasi kerugian tekanan dalam pipa, dan biasanya kalau akhirnya diambil tekanan minimum sebesar $1,0 \text{ kg/cm}^2$ sudah cukup aman. Apabila diinginkan ingin meletakkan tangki atap pada ketinggian serendah mungkin , maka perlu diperhitungkan benar kerugian tekanan dalam pipa agar dapat dijamin tekanan minimum $0,7 \text{ kg/cm}^2$ pada katup gelontor tersebut. Letak tangki atap ini tidak boleh dirubah sembarangan misalnya hanya karena pertimbangan estetika.

Apabila oleh pertimbangan estetika atau kekuatan struktur bangunan tidak mungkin dipasang tangki atap dengan ketinggian minimum yang dikehendaki, dapat diambil penyelesaian lain sebagai berikut :

- 1) Kloset diganti dengan jenis yang menggunakan tangki gelontor. Jenis ini jelas kurang baik untuk melayani pemakai yang jumlahnya cukup banyak dalam waktu yang relatif singkat , karena perlu waktu beberapa detik untuk mengisi kembali tangki gelontor.

- 2) Disediakan pipa terpisah khusus untuk melayani katup – katup yang tidak mendapat tekanan cukup dari tangki atap. Pipa khusus dapat diambil dengan ukuran lebih besar untuk mengurangi kerugian tekanan . Biasanya memperbesar ukuran pipa ini, hanya berhasil pada keadaan tertentu saja. Umumnya kekurangan tekanan ini diatasi dengan menyediakan sistem tangki tekan khusus untuk melayani katup – katup tersebut.
- 3) Ada beberapa produsen alat plambing yang menyatakan membuat katup gelontor kloset yang menuntut tekanan rendah ($0,6 \text{ kg/cm}^2$ atau bahkan lebih rendah). Sebaiknya katup semacam ini tidak sebagai penyelesaian karena tekanan tidak cukup . Hal ini disebabkan karena tujuan penggelontoran tidak hanya untuk membersihkan kotoran padat pada kloset, tetapi juga untuk membawa kotoran tersebut dengan air melalui pembuangan sampai kesaluran kotoran umum atau tangki septik. Untuk ini perlu sejumlah tertentu air (standarnya 15 Liter) dialirkan dalam suatu jangka waktu tertentu pula. Katup gelontor tekanan rendah biasanya tidak dapat memenuhi ketentuan tersebut (hanya sekitar 5 liter dalam 10 detik) walaupun air keluar pada waktu tuas tekan hal ini dapat menyebabkan kotoran terbawa keluar dari kloset tetapi air tidak cukup kuat untuk mendorong sampai tujuan akhir. Walaupun tekanan air semakin besar lebih baik bagi katup gelontor , tetapi batas maksimumnya sekitar $4,0 \text{ kg/cm}^2$.

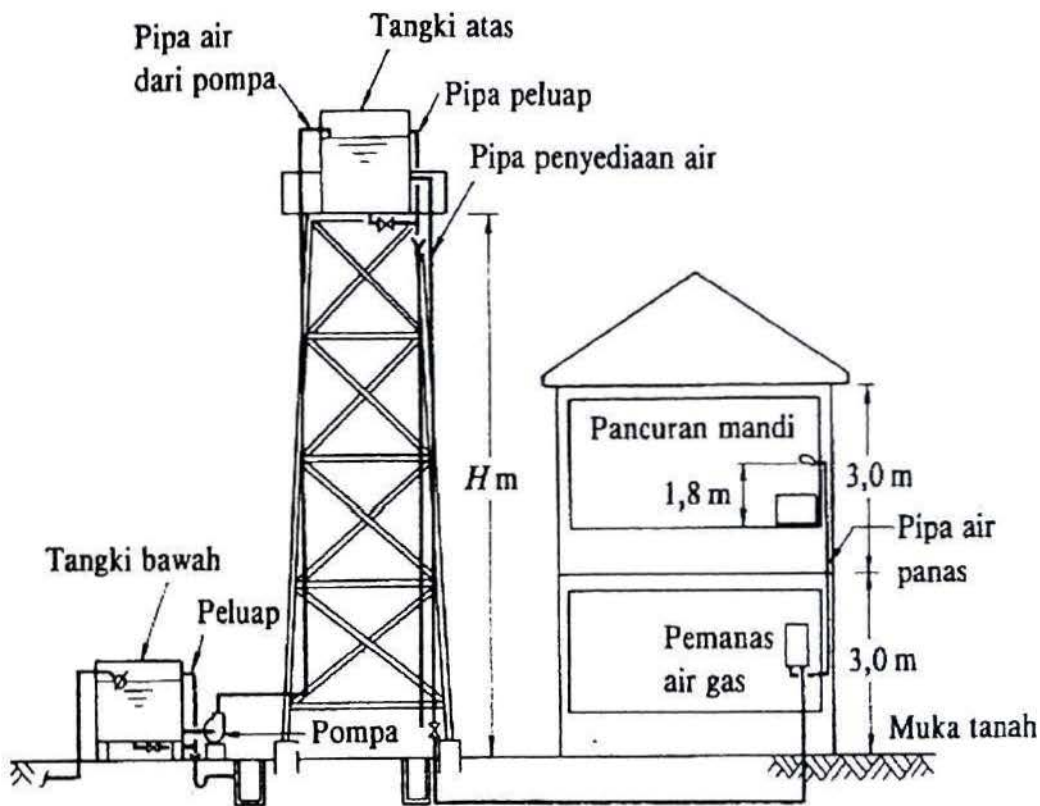
Penggunaan Pemanas Air Dengan Gas

Masalah tekanan minimum yang dituntut alat ini mirip dengan kasus pada katup gelontor tersebut diatas, sedang besarnya tekanan minimum bergantung pada pabrik pembuatnya tetapi umumnya berkisar antara $0,25 \text{ kg/cm}^2$ sampai $0,7 \text{ kg/cm}^2$. Tekanan maksimum yang diperbolehkan berkisar antara $3,0 \text{ kg/cm}^2$ sampai $4,0 \text{ kg/cm}^2$.

Nilai tekanan minimum yang dituntut oleh pemanas air tersebut dapat dipakai sebagai dasar perhitungan apabila alat – alat plambing yang dilayani terletak pada lantai yang sama atau pada

lantai yang lebih rendah dari alat pemanas. Dalam keadaan dimana ada alat – alat plambing air panas yang dipasang lebih tinggi dari alat pemanas , maka tekanan minimum alat plambing itulah yang menentukan.

Diantara berbagai alat plambing air panas, pancuran mandi menuntut tekanan minimum yang paling besar , yaitu sekitar 3,5 m kolom air (tekanan yang lebih kecil tidak memberikan pancuran air yang baik).



Gambar 2.5. Penyediaan Air Panas Dengan Pemanas Air Gas

Dengan menetapkan tinggi muka air terendah dari dasar tangki, maka tinggi tangki dari tanah dapat ditentukan. Walaupun pada umumnya digunakan air dari Perusahaan Air Minum untuk memenuhi kebutuhan air minum , dalam banyak kasus digunakan juga air yang berasal dari sumber lain: sumur, danau, dsb. Air sumber - sumber yang lain itu haruslah diolah terlebih dahulu sampai memenuhi standar yang berlaku untuk air minum.

Apabila digunakan dua sumber sekaligus , misalnya dari P.A.M untuk air minum dan dari sumur untuk keperluan yang lain

– lain, maka harus dipasang dua instalasi yang terpisah dan tidak diperbolehkan adanya hubungan yang dapat menyebabkan masuknya air sumur kedalam sistem air minum.

3. Sistem tangki tekan

Seperti halnya sistem tangki atap, sistem tangki tekan diterapkan dalam keadaan dimana olehkarena sesuatu alasan tidak dapat digunakan sistem sambungan langsung. Di negara Amerika dan Jepang sistem ini jarang diterapkan pada bangunan umum, melainkan lebih cenderung untuk perumahan, dan hanya dalam kasus yang istimewa diterapkan pada bangunan pemakaian air besar (bangunan parkir bawah tanah, toserba, stasiun, gedung olahraga, dsb). Tampaknya sistem tangki tekan banyak pula diterapkan pada bangunan– bangunan umum selain perumahan. Hal ini bukan disebabkan oleh alasan teknis melainkan lebih karena pilihan para perancang instalasi plambingnya.

Prinsip kerja sistem ini adalah sebagai berikut. Air yang telah ditampung dalam tangki bawah dipompakan kedalam suatu bejana (tangki) tertutup sehingga udara di dalamnya terkompresi. Air dari tangki tersebut dialirkan kedalam sistem distribusi bangunan. Pompa bekerja secara otomatis yang diatur oleh suatu detektor tekanan, yang menutup/membuka saklar motor listrik penggerak pompa: pompa berhenti bekerja kalau tekanan tangki telah mencapai suatu batas maksimum yang telah ditetapkan dan bekerja kembali setelah tekanan mencapai suatu batas minimum yang telah ditetapkan pula. Daerah fluktuasi tekanan ini biasanya ditetapkan antara 1,0 sampai 1,5 kg/cm². daerah yang makin lebar biasanya baik bagi pompa karena memberikan waktu lebih lama untuk berhenti, tetapi seringkali menimbulkan efek yang negatif pada peralatan plambing.

Dalam sistem ini udara yang terkompresi akan menekan air kedalam sistem distribusi dan setelah berulang kali mengembang dan terkompresi lama kelamaan berkurang, karena larut dalam air atau ikut terbawa air keluar tangki. Sistem tangki tekan biasanya dirancang sedemikian agar volume udara tidak lebih dari 30% terhadap volume tangki dan 70% volume tangki berisi air. Kalau

mula – mula seluruh tangki berisi udara pada tekanan atmosfer, dan kalau daerah fluktuasi tekanan antara 1,0 sampai 1,5 kg/cm², maka sebenarnya volume air efektif yang akan mengalir hanyalah sekitar 10% dari volume tangki. Untuk melayani kebutuhan air yang besar maka akan diperlukan tangki tekan yang besar. Untuk mengatasi hal ini maka tekanan awal udara dalam tangki dibuat lebih besar dari tekanan atmosfer.

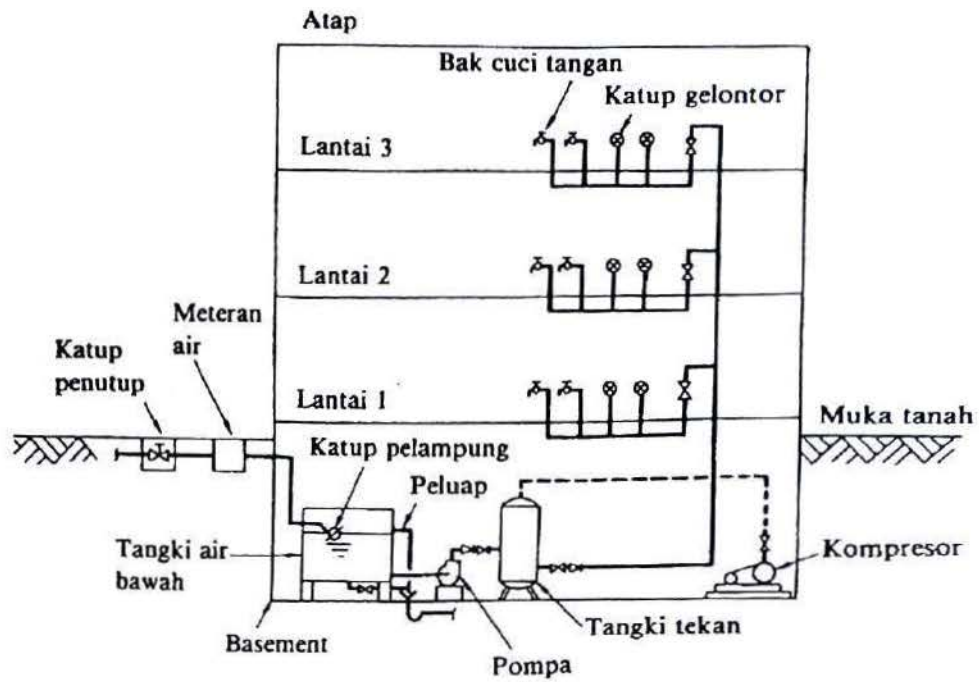
Kelebihan – kelebihan sistem tangki tekan antara lain :

- 1) Lebih menguntungkan dari segi estetika karena tidak terlalu menyolok dibanding dengan tangki atap.
- 2) Mudah perawatannya karena dapat dipasang dalam ruang mesin bersama pompa – pompa lainnya
- 3) Harga awal lebih rendah dibandingkan tangki yang harus dipasang diatas menara.

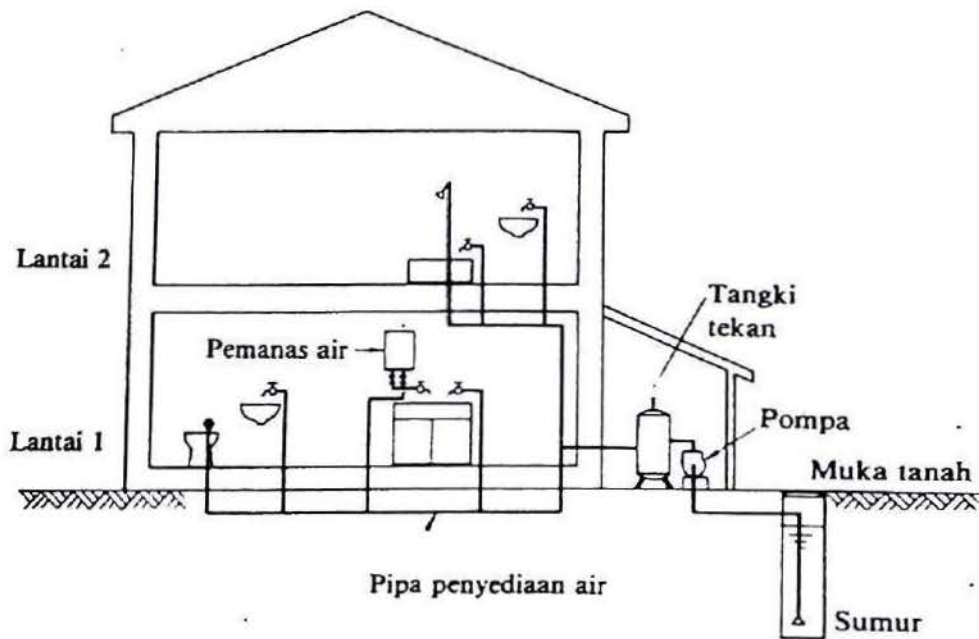
Kekurangan – kekurangannya :

- 1) Daerah fluktuasi tekanan sebesar 1,0 kg/cm² sangat besar dibandingkan dengan sistem tangki atap yang hampir tidak ada fluktuasi tekanannya. Fluktuasi yang besar ini dapat menimbulkan fluktuasi aliran air yang cukup berarti pada plambing, dan pada alat pemanas gas dapat menghasilkan air dengan temperatur yang berubah – ubah.
- 2) Dengan berkurangnya udara dalam tangki tekan, maka setiap beberapa hari sekali harus ditambahkan udara kempa dengan kompresor atau dengan menguras seluruh air didalam tangki tekan.
- 3) Sistem tangki tekan dapat dianggap sebagai suatu sistem pengaturan otomatis pompa penyediaan air saja dan bukan sebagai sistem penyimpanan air seperti tangki atap.
- 4) Karena jumlah air efektif yang tersimpan dalam tangki tekan relatif sedikit, maka pompa akan sering bekerja dan hal ini akan menyebabkan keausan pada saklar yang lebih cepat.

Gambar 2.6. berikut menunjukkan contoh instalasi dengan tangki tekan Gambar 2.7. menunjukkan suatu paket yang terdiri atas suatu tangki penampung, pompa, dan tangki tekan ; paket ini dapat digunakan untuk menangani keadaan darurat menggantikan suatu instalasi ukuran sedang yang mengalami perawatan.



Gambar 2.6. Sistem Tangki Tekan



Gambar 2.7. Sistem Tangki Tekan Dengan Sumur Untuk Rumah

Variasi Atas Sistem Tangki Tekan

Sistem hydrocel. Sistem ini menggunakan alat yang dinamakan “hydrocel”, ciptaan Jacuzzi Brothers Inc., sekitar 20 tahun lalu. Sebagai pengganti udara dalam tangki tekan, sistem ini menggunakan tabung– tabung berisi udara dibuat dari bahan khusus, yang akan mengerut dan mengembang sesuai dengan tekanan air dalam tangki. Dengan demikian akan mencegah kontak langsung antara udara dengan air sehingga selama pemakaian sistem ini tidak perlu ditambah udara setiap kali. Kelemahannya hanyalah bahwa volume air yang tersimpan sedikit.

Sistem tangki tekan dengan diafram. Tangki tekan dalam sistem ini dilengkapi dengan diafram yang dibuat dari bahan karet khusus untuk memisahkan udara dengan air . dengan demikian menghilangkan kelemahan tangki tekan sehubungan dengan perlunya pengisian udara secara periodik.

Sesuai dengan konstruksinya, tangki hydrocel dan tangki diafram berfungsi pula sebagai peredam pukulan-air, tetapi tidak boleh digunakan dalam fungsi ganda, yaitu sebagai penyimpan air dan peredam pukulan – air.

4. Sistem Tanpa Tangki

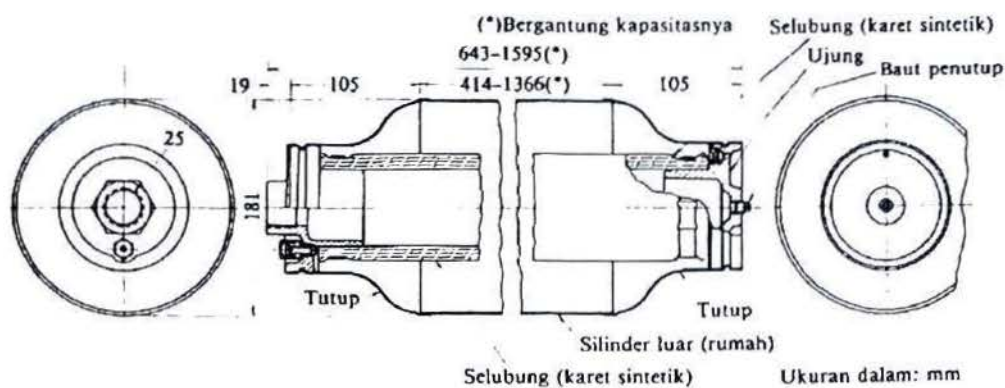
Dalam sistem ini tidak digunakan tangki apapun, baik tangki bawah, tangki tekan, ataupun atap. Air dipompakan langsung kesistem distribusi bangunan dan pompa menghisap air langsung dari pipa utama. Cara ini dapat dilakukan kalau pipa masuk pompa diameternya 100 mm atau kurang . Sistem ini sebenarnya dilarang di Indonesia, baik oleh Perusahaan Air minum maupun pipa – pipa utama dalam pemukiman khusus (tidak ada untuk umum). Ada dua macam pelaksanaan sistem ini, dikaitkan dengan kecepatan putaran pompa : konstan dan variabel.

Sistem kecepatan putaran konstan. Pada prinsipnya sistem ini menerapkan sambungan paralel beberapa pompa identik yang bekerja pada kecepatan putaran konstan. Satu buah pompa selalu dalam keadaan bekerja, sedang pompa – pompa lainnya akan ikut bekerja yang diatur secara otomatis, oleh suatu alat yang mendeteksi tekanan atau laju aliran air keluar dari pompa ini.

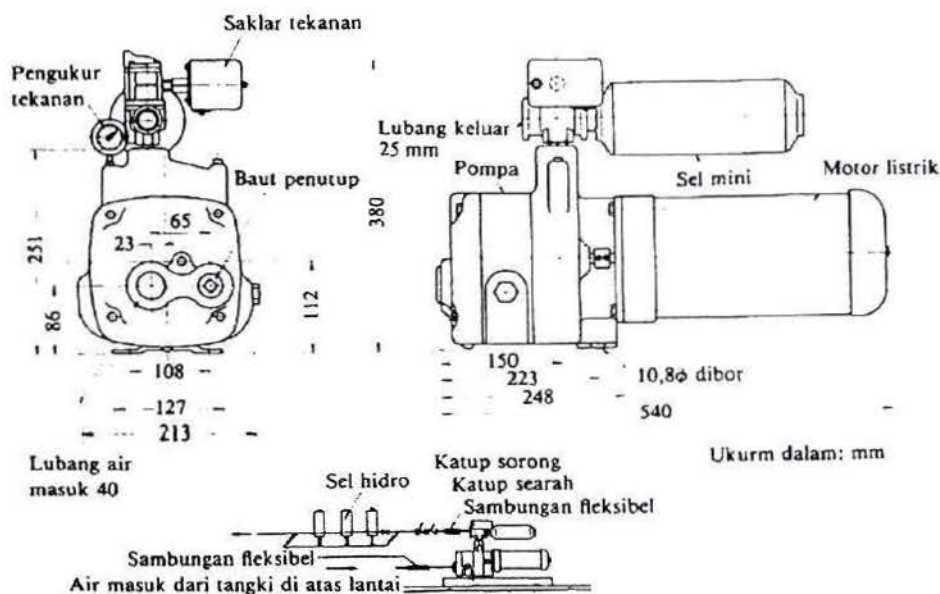
Sistem sambungan langsung dapat digunakan bahkan untuk bangunan bertingkat, karena tekanan air dalam pipa utama cukup tinggi. Walaupun demikian untuk bangunan-bangunan apartemen yang bertingkat dapat menimbulkan gangguan akibat berkurangnya laju aliran air karena penurunan tekanan air beban puncak (pagi dan sore hari). Untuk mengatasi hal ini, maka dalam beberapa instalasi dipasang pipa paralel yang dihubungkan dengan pipa penguat tekanan air, pompa ini akan bekerja secara otomatis kalau tekanan dalam pipa utama berkurang.

Secara singkat dapat disimpulkan ciri – ciri sistem tanpa tangki:

1. Mengurangi kemungkinan pencemaran air minum karena menghilangkan tangki bawah maupun tangki atas.
2. Mengurangi kemungkinan terjadinya karat karena kontak air dengan udara relatif singkat.
3. Kalau cara diterapkan pada bangunan pencakar langit akan mengurangi beban struktur bangunan.
4. Untuk kompleks perumahan dapat menggantikan menara air.
5. Penyediaan air sepenuhnya bergantung pada sumber daya.
6. Pemakaian daya besar dibandingkan dengan sistem tangki atap
7. Harga awal tinggi karena harga sistem pengaturnya.



(a) Konstruksi sel hidro (hydro cell)



(b) Contoh pemasangan sel hidro

Gambar 2.8. Sel Hidro

Laju Aliran Air

Pemakaian air oleh suatu masyarakat bertambah besar dengan kemajuan masyarakat tersebut, sehingga pemakaian air seringkali dipakai sebagai salah satu tolak ukur tinggi-rendahnya kemajuan suatu masyarakat.

Dalam suatu lingkungan apartmen di Jepang, pemakaian air rata – rata tahun 1959 mencapai 170 liter/orang/hari, tahun 1970 mencapai 203 dan tahun 1985 diperkirakan akan mencapai 260. Tabel 2.3. memberikan pemakaian air rata – rata di beberapa kota besar di dunia; angka – angka tersebut dihitung berdasarkan jumlah

air yang disediakan perhari dibagi dengan jumlah penduduk kota masing – masing. Tabel 2.3 menunjukkan perbandingan berbagai jenis pemakaian di kota-kota besar di Jepang.

Tabel 2.3. Pemakaian Air Pada Berbagai Kota di Luar Negeri

	Negara	Kota	liter/hari/orang		Tahun
			Rata-rata	Maks.	
1	Afrika Selatan	Cape Town	270	366	
2	Amerika Serikat	Boston	836	947	
		San Francisco	1457	—	1975
3	Austria	Wina	317	415	1974
4	Belanda	Amsterdam	215	—	1975
5	Belgia	Brussel	141	156	1974
6	Brasil	Rio de Janeiro	300	600	
7	Cekoslowakia	Praha	224	243	
8	Denmark	Kopenhagen	271	314	
9	Inggris	London	286	355	1974
		Manchester	347	378	
10	Italia	Roma	616	—	
11	Jepang	Tokyo	444	535	
		Yokohama	417	517	
		Osaka	600	762	
12	Jerman Barat	Hamburg	204	292	
		Berlin Barat	244	—	1975
13	Kanada	Montreal	647	914	1974
		Ottawa	362	687	
14	Monako	Monako	565	781	1974
15	Perancis	Paris	320	400	
		Bordeaux	330	475	
16	Polandia	Warsawa	305	366	
17	Portugal	Lisabon	200	280	
18	Spanyol	Madrid	330	430	1974
19	Swedia	Stockholm	452	—	1975
20	Swiss	Geneve	505	—	1975
21	Turki	Ankara	180	220	
22	Uni Sovyet	Leningrad	524	610	
		Minsk	268	—	
23	Yunani	Athena	160	208	

Tabel 2.4. Perbandingan Pemakaian Air (Dalam %)

	Jenis penggunaan	Seluruh Jepang	Tokyo	Osaka	Yokohama
1	Keperluan rumah tangga	60,6	59,2	32,6	49,2
2	Keperluan kantor (perdagangan dsb)	14	17,2	37,8	1,3
3	Industri	9	10,3	16,4	37,1
4	Lain-lain	16,4	13,3	13,2	12,4
	Jumlah	100	100	100	100

Dalam perancangan sistem penyediaan air untuk suatu bangunan, kapasitas peralatan dan ukuran pipa-pipa didasarkan pada jumlah dan laju aliran air yang harus disediakan pada bangunan tersebut. Jumlah dan laju aliran tersebut seharusnya diperoleh dari penelitian keadaan sesungguhnya setelah bangunan digunakan. Tidak ada angka-angka jumlah dan laju aliran air yang berlaku atau telah disetujui oleh seluruh bangsa di dunia. Walaupun demikian, beberapa ahli telah mencoba menyusun angka - angka yang dapat dipakai sebagai patokan, sebagaimana tercantum berbagai buku pegangan . angka - angka tersebut tidak seragam dan sulit untuk menentukan yang mana yang paling tepat diterapkan.

Tabel menunjukkan angka-angka "standar" yang banyak digunakan dalam perancangan. Tabel tersebut telah dibuat berdasarkan buku, hendaknya diingat bahwa angka - angka tersebut diatas haruslah tetap ditinjau terhadap sifat penggunaan bangunan untuk memperkirakan jumlah kebutuhan air dalam perancangan. Disamping itu perlu ditambahkan sejumlah air untuk peralatan - peralatan dibawah ini :

- 1) Mesin pendingin kompresi-uap sebesar kira-kira 131/min, dan jenis absorpsi kira - kira 161 /min untuk setiap ton refrijerasi.
- 2) Menara pendingin (cooling water) sebesar 0,26 - 0,391/min untuk setiap ton refrijerasi, sebagai air pengisi akibat terjadinya penguapan (kira-kira 1%) dan terjadinya kabut (kira - kira 2-35).

- 3) Untuk kolam air dan air mancur sejumlah yang diperlukan untuk mengganti kehilangan airnya.

Tekanan air dan kecepatan aliran

Tekanan air yang kurang mencukupi akan menimbulkan kesulitan dalam pemakaian air. Tekanan yang berlebihan akan menimbulkan rasa sakit terkena pancaran air serta mempercepat kerusakan peralatan plambing, dan menambah kemungkinan timbulnya pukulan air. Besarnya tekanan air yang baik berkisar dalam suatu daerah yang agak lebar dan bergantung pada persyaratan pemakai atau alat yang harus dilayani.

Secara umum dapat dikatakan besarnya tekanan "standar" adalah $1,0 \text{ kg/cm}^2$, sedang tekanan statik sebaiknya diusahakan antara $4,0$ sampai $5,0 \text{ kg/cm}^2$ untuk perkantoran dan antara $2,5$ sampai $3,5 \text{ kg/cm}^2$ untuk hotel dan perumahan.

Tabel 2.5. Tekanan yang dibutuhkan alat plambing

Nama alat plambing	Tekanan yang dibutuhkan (kg/cm^2)	Tekanan standar (kg/cm^2)
Katup gelontor kloset	$0,7^{1)}$	1,0
Katup gelontor peturasan	$0,4^{3)}$	
Keran yang menutup sendiri, otomatis	$0,7^{3)}$	
Pancuran mandi, dengan pancaran halus/tajam	0,7	
Pancuran mandi (biasa)	0,35	
Keran biasa	0,3	
Pemanas air langsung, dengan bahan bakar gas	$0,25-0,7^{4)}$	

Catatan:

- ^{1),2)} Tekanan minimum yang dibutuhkan katup gelontor untuk kloset dan urinal yang dimuat dalam tabel ini adalah tekanan statik pada waktu air mengalir, dan tekanan maksimumnya adalah 4 kg/cm^2 .
- ³⁾ Untuk keran dengan katup yang menutup secara otomatis, kalau tekanan airnya kurang dari yang minimum dibutuhkan maka katup tidak akan dapat menutup dengan rapat, sehingga air masih akan menetes dari keran.
- ⁴⁾ Untuk pemanas air langsung dengan bahan bakar gas, tekanan minimum yang dibutuhkan biasanya dinyatakan.

Disamping itu, beberapa macam peralatan plambing tidak dapat berfungsi dengan baik kalau tekanan airnya kurang dari suatu batas minimum. Besarnya tekanan minimum ini dicantumkan dalam Tabel 2.5.

Kecepatan aliran air yang terlampau tinggi akan dapat menambah kemungkinan timbulnya pukulan air, dan menimbulkan suara berisik dan kadang-kadang menyebabkan ausnya permukaan dalam dari pipa. Biasanya digunakan standar kecepatan sebesar 0,9 sampai 1,2 m/detik dan batas maksimumnya berkisar antara 1,5 sampai 2,0 m/detik. Batas kecepatan 2,0 m/detik sebaiknya diterapkan dalam penentuan pendahuluan ukuran pipa. Akhir-akhir ini beberapa negara sedang mencoba untuk mengurangi ukuran pipa dengan menerapkan kecepatan aliran yang lebih tinggi, walaupun berhasil atau tidaknya akan bergantung kepada penelitian lebih lanjut. Di lain pihak, kecepatan yang terlampau rendah ternyata dapat menimbulkan efek yang kurang baik dari segi korosi, pengendapan kotoran, ataupun kualitas air. Karena itu pada waktu ini tidak mungkin menetapkan suatu " standar " kecepatan aliran air.

E. TANGKI – TANGKI AIR

Tangki – tangki yang digunakan untuk menyimpan air minum haruslah dibersihkan secara teratur, agar kualitas air dapat tetap dijaga. Di beberapa negara hal ini bahkan dipersyaratkan oleh undang-undang dengan batas ukuran tangki minimum yang tertentu. Hal ini di Jepang telah menimbulkan akibat antara lain bahwa orang memasang tangki dengan ukuran dibawah batas minimum tersebut. Untuk mencegah orang menghindari persyaratan tersebut di Jepang pada tahun 1976 telah ditetapkan undang-undang yang memuat ketentuan untuk perancangan dan pemasangan tangki-tangki air (Undang-undang Standar Bangunan). Pembahasan berikut ini didasarkan pada ketentuan tersebut.

Pemasangan Tangki Dalam Bangunan

Pemasangan tangki dalam bangunan. Saat ini banyak dipasang tangki air diantara pelat lantai terbawah dan pelat pondasi dari bangunan. Tetapi sering kali dibawah lantai yang sama juga dipasang bak penampung air buangan air atau air kotor. Dalam keadaan yang paling buruk bahkan tangki air minum tersebut hanya dibatasi oleh suatu dinding dengan bak penampung air kotor. Keadaan ini memberikan kemungkinan timbulnya pencemaran air minum oleh air kotor tersebut.

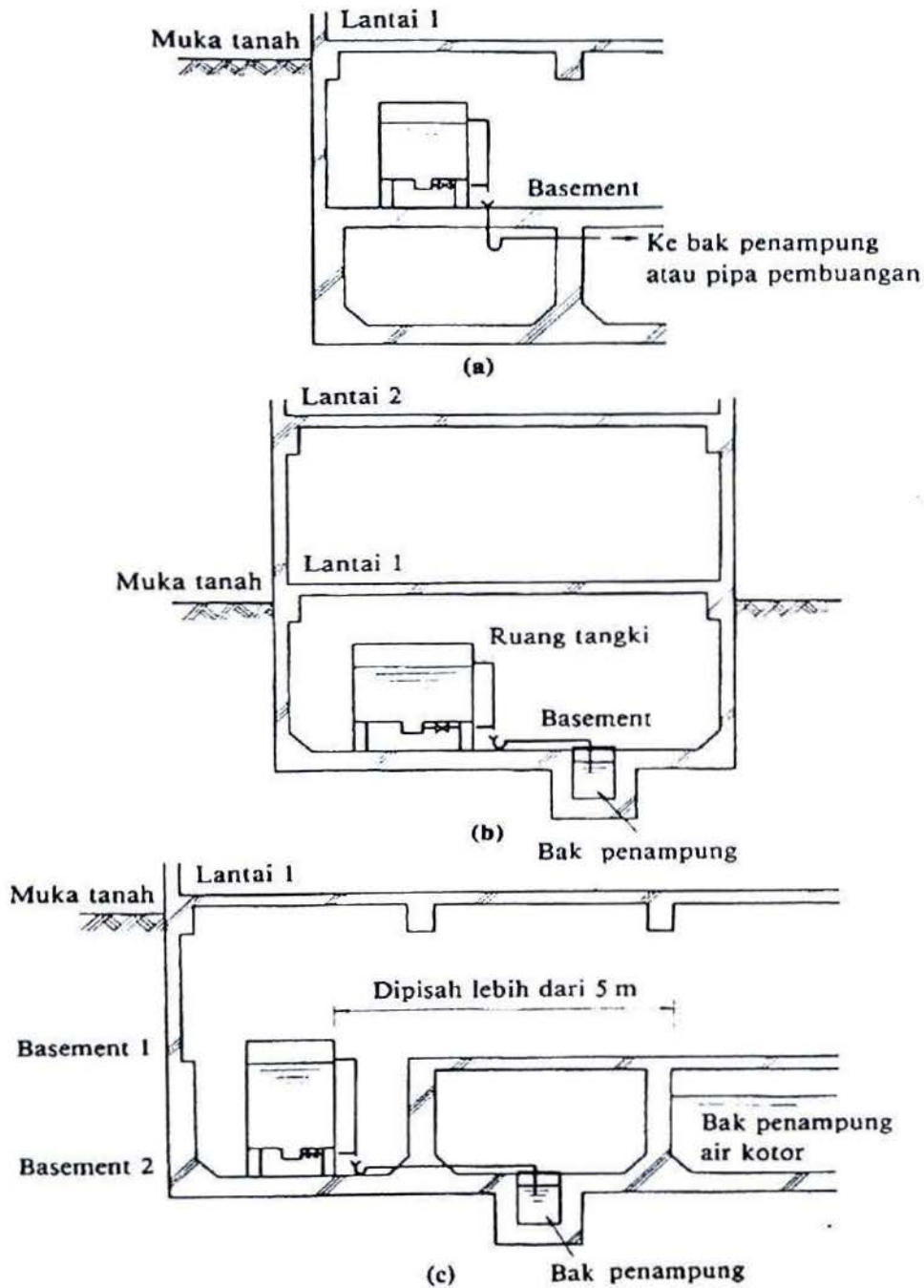
Walaupun bahaya pencemaran telah diketahui, nampaknya ada kesan yang salah bahwa cara ini dapat memanfaatkan rongga antara lantai dan pelat pondasi sehingga menghemat biaya. Dan karena adanya ketentuan untuk membersihkan tangki secara periodik, maka sering terjadi keretakan dan kerusakan lain pada dinding beton dari tangki – tangki tersebut, dengan akibat banyak ditemukan penetrasi air tanah maupun air kotor lainnya.

Dengan pengalaman ini maka Jepang dilarang memasang tangki dibawah lantai, sebagai bagian dari tangki atau reservoir air, dan dengan demikian mencegah sama sekali pencemaran air melalui bagian – bagian bangunan tersebut. Disyaratkan bahwa tangki air juga tidak merupakan bagian struktural dari bangunan tersebut serta likasinya tidak berdekatan dengan tempat pembuangan air dan tidak terpengaruh oleh sumur artesis atau genangan air. Lokasi tangki tersebut juga tidak boleh ditempat yang sering didatangi orang kecuali petugas yang melakukan perawatan dan pembersihan.

Beberapa contoh pemasangan tangki air. Gambar 2.9. adalah yang paling umum dilaksanakan. Gambar 2.9 adalah contoh dimana suatu bangunan tidak mempunyai ruang bawah tanah., dan menunjukkan pemasangan tangki di ruang khusus dibawah lantai terbawah dari bangunan. Untuk bangunan yang tidak mempunyai ruang bawah tanah, tangki air minum tidak boleh ditanam langsung dalam tanah dibawah lantai terbawah.

Gambar 2.9. (c) menunjukkan keadaan dimana tangki dipasang pada lantai terbawah dengan menyingkirkan sebagian dari pelat lantai yang bersangkutan. Kalau dibawah lantai ini ada bak

penampung air kotor atau air buangan, jarak dengan tangki air tersebut diatas tidak boleh kurang dari 5 m. Gambar menunjukkan keadaan yang kurang baik untuk pemasangan tangki air.



Gambar 2.9. Contoh penempatan tangki air yang benar

dari
bak

Ruang Bebas Untuk Pemeriksaan Sekeliling Tangki

Dalam pemasangan tangki air diperlukan ruang bebas yang cukup sekeliling tangki untuk pemeriksaan dan perawatan, seperti, disebelah atas, dinding, dan dibawah alasnya, agar dapat dilakukan pemeriksaan dan perawatan dengan baik. Ruang bebas ini sekurang – kurangnya 45 cm, tetapi lebih baik dibuat sekitar 60 cm agar memudahkan pengecatan dinding luar tangki.

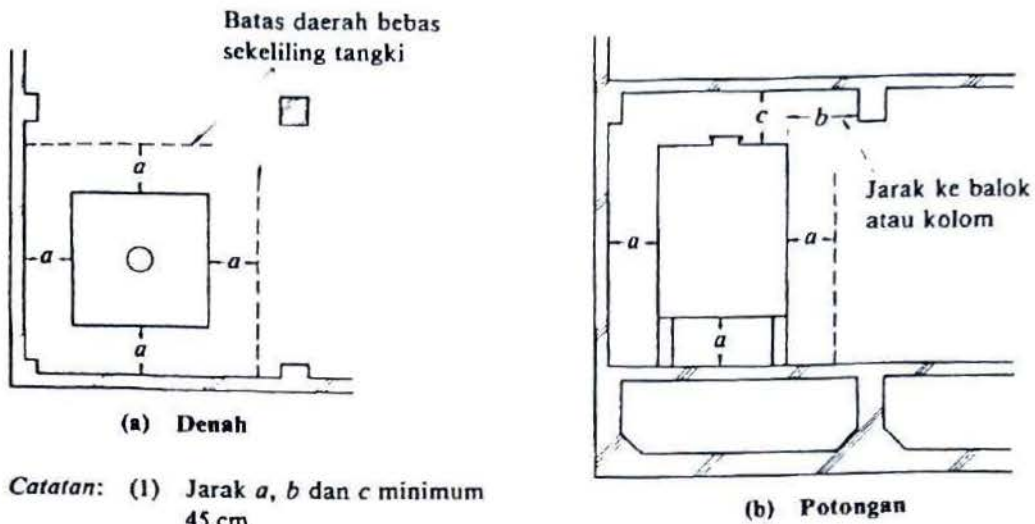
Pada bagian atas tangki, ruang bebas ini harus cukup besar bagi seseorang membuka tutup *manhole*, masuk kedalam tangki dengan membawa segala peralatan yang diperlukan dalam perawatan. Biasanya kalau disediakan ruang bebas 1 m diatas tutup tangki sudah mencukupi.

Pemasangan Pipa – Pipa Dan Peralatan Di Sekeliling Tangki

Sebenarnya tidak dibenarkan memasang pompa, mesin refrijerasi, ketel uap, ataupun mesin apapun lainnya diatas pelat tutup tangki air. Sudah banyak kejadian dimana diatas pelat tutup tangki dipasang pompa dan terjadi kebocoran yang menyebabkan pencemaran, justru melalui celah antara pipa isap pompa dengan pelat tutup tangki. Pipa – pipa yang dipasang melintang diatas pelat tutup tangki harus dihindarkan apalagi pipa – pipa yang akan menembus tangki.

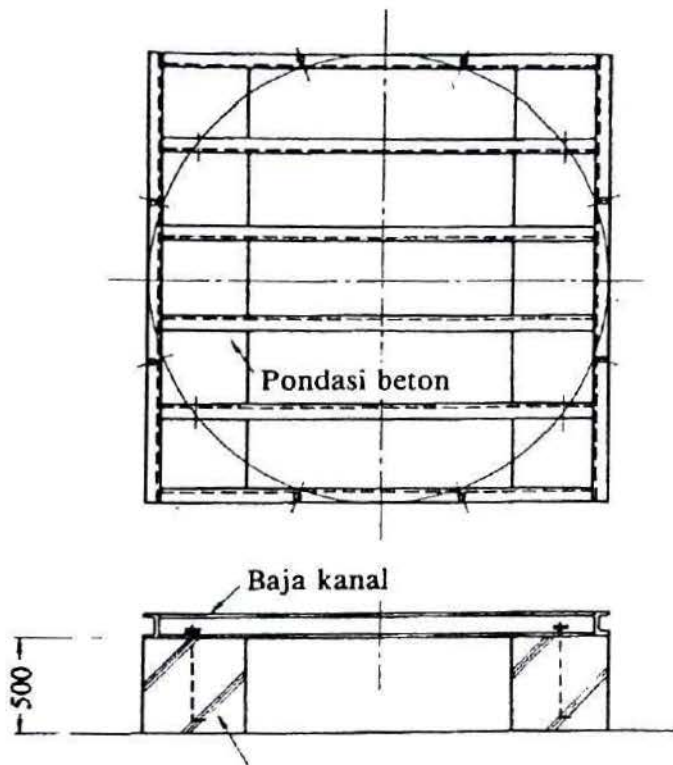
Lubang Perawatan (Manhole)

Setiap tangki air harus dilengkapi dengan suatu lubang bertutup untuk memudahkan perawatan, dengan ukuran yang cukup agar orang yang akan masuk kedalam tangki tidak mendapat kesulitan. Ukuran lubang ini sekurang – kurangnya dengan diameter 45 cm tetapi diameter 60 cm lebih dianjurkan untuk memudahkan orang yang masuk dengan membawa peralatan untuk membersihkan tangki. Lubang perawatan tangki ini tidak perlu disediakan kalau seluruh tutup tangki dapat dengan mudah dibuka atau diangkat.



- Catatan:**
- (1) Jarak a , b dan c minimum 45 cm
 - (2) Khusus untuk jarak c , harus cukup longgar agar orang dapat masuk dari atas tangki kalau perlu perbaikan.

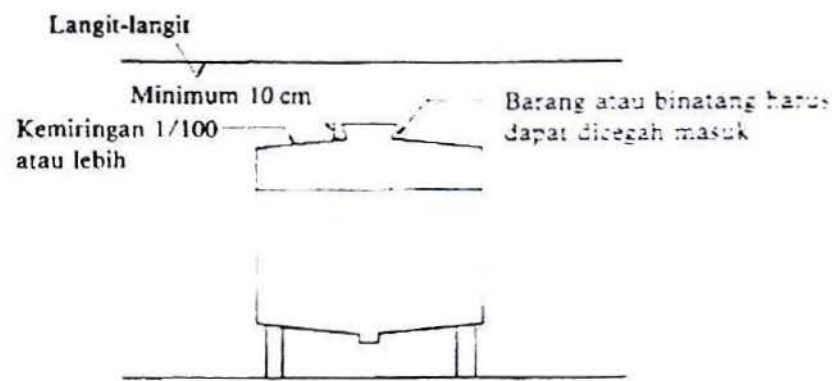
Gambar 2.10. Contoh penempatan tangki dalam gedung



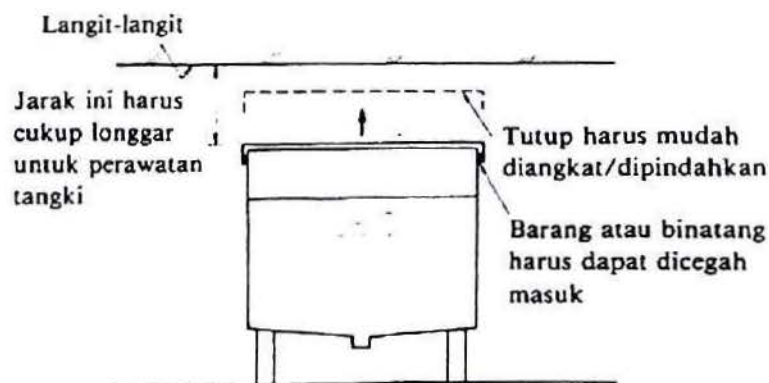
Gambar 2.11. Rangka penguat alas tangki air

Beberapa hal dibawah ini perlu diperhatikan dalam merancang lubang perawatan:

- 1) Penutup lubang perawatan harus rapat untuk mencegah masuknya kotoran dan binatang kedalam tangki. Demikian pula pada saat ada air diatas tutup tangki harus dicegah agar tidak masuk melalui lubang perawatan. Untuk ini tutup lubang harus berada pada bidang yang kira – kira 10 cm lebih tinggi dari permukaan tutup tangki dan tutup tangki itu sendiri harus mempunyai kemiringan yang cukup (sekitar 1/100) ke arah luar dari lubang.
- 2) Penutup lubang perawatan harus dapat terkunci dengan rapat untuk mencegah pembukaan oleh orang yang tidak berhak. Hal ini dapat ditempuh dengan memasng kunci atau baut – baut pengikat.



(a) Tangki dengan lubang pemeriksa



(b) Tangki tanpa lubang pemeriksaan

Gambar 2.12. Pemasangan tangki

Konstruksi Yang Memudahkan Perawatan

Konstruksi tangki air sebaiknya dibuat sedemikian agar memudahkan pemeriksaan dan perawatan. Beberapa hal dibawah ini perlu diperhatikan :

- 1) Pipa pengambil yang biasanya dilengkapi dengan katup, sebaiknya dipasang dengan lubang dengan kira – kira 20 cm diatas dasar tangki. Hal ini untukl mencegah agar endapan kotoran tidak ikut terhisap kedalam pipa.
- 2) Saluran atau lekukan dangkal sbaknya dibuat pada dasar tangki dengan kemiringan yang cukup earah lubang pengurasan. Saluran atau lekukan ini akan berguna untuk memperlancar pembuangna endapan kotoran pada waktu tangki dibersihkan .
- 3) Tangki air harus dapat dibersihkan tanpa memutuskan penyediaan air kedalam pipa distribusi. Hal ini dapat dicapai dengan menyediakan lebih dari satu tangki atau membagi tangki dengan dinding partisi menjadi dua bagian atau lebih.

Konstruksi Yang Mencegah Air Diam (Stagnan)

Air yang diam terlalu lama dalam tangki dapat menimbulkan pencemaran. Air yang diam tersebut dapat disebabkan oleh rancangan perletakan yang kurang baik, volume air yang terlalu besar dibandingkan dengan pemakaian air ataupun oleh bentuk tangki. Lubang pipa air keluar tangki atau lubang pipa hisap pompa yang dipasang dekat dengan lubang pipa masuk tangki akan menyebabkan bagian terbesar air dalam tangki hampir tidak bergerak, lubang – lubang tersebut diatas harus dijauhkan atau dibuat “ dinding ” yang menyebabkan air begerak sebanyak mungkin keseluruh tangki.

Volume air yang terlalu besar dibandingkan dengan pemakaian air juga akan menyebabkan “ pergantian ” air dalam tangki terlalu lambat. Untuk mencegah hal ini biasanya tangki air dibuat untuk melayani kebutuhan air sehari saja. Bentuk tangki air yang baik tidak beraturan juga dapat menimbulkan air yang diam.

Pipa Peluap

Setiap tangki air harus dilengkapi dengan pipa peluap. Ujung dari pipa peluap ini tidak boleh disambungkan langsung ke pipa pembuangan melainkan harus dengan cara tidak langsung. Harus ada celah udara yang cukup antara ujung pipa dengan bak buangan dan biasanya sekurang – kurangnya dua kali diameter pipa dengan bak buangan , dan pipa peluap tersebut juga harus dilengkapi engan saringan serangga.

Pipa ven. Tujuan pipa ven adalah memasukkan atau mengeluarkan udara tangki pada waktu volume air dakam tangki berkurang atau bertambah. Pipa ven ini biasanya diperlukan pada tangki dengan volume air 2 m³ atau lebih. Lubang udara masuk pipa ven harus dipasang saringan serangga.

Pemasangan Tangki Air Di Luar Gedung

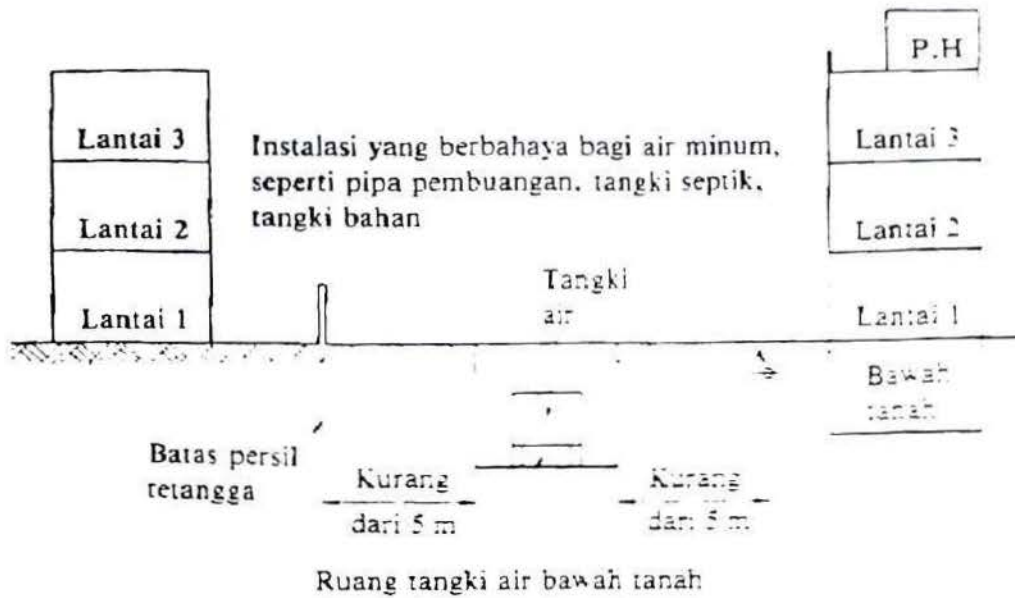
Apabila tangki air akan dipasang dalam jarak horisontal yang kurang dari 5 m dari pipa pembuangan , kakus, tangki septik, peralatan lain yang menyimpan atau mengolah buangan, dll, maka akan timbul kemungkinan pencemaran terhadap air dalam tangki tersebut. Oleh karena itu tidak dibenarkan penanaman tangki langsung dalam tanah, melainkan harus dilindungi dengan memasang tangki tersebut dalam suatu ruang bawah tanah. Cara lain ialah dengan memasang tangki air tersebut diatas suatu menara.

Apabila jarak seperti tersebut diatas dapat dibuat lebih dari 5 m, maka tangki air dapat ditanam langsung dalam tanah ; baik seluruhnya maupun sebagian.

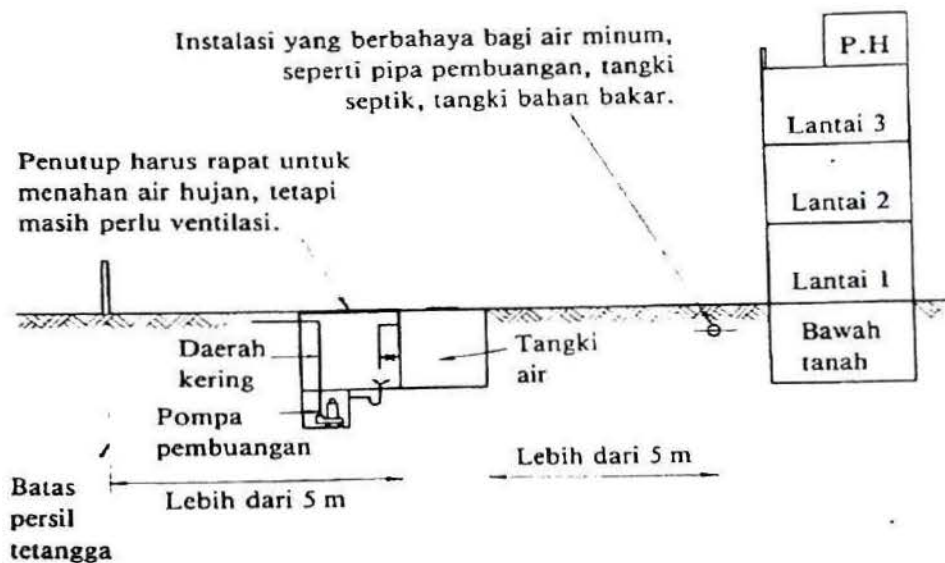
Gabungan Dengan Tangki Air Pemadam Kebakaran

Perpipaan untuk tangki yang berfungsi ganda untuk penyediaan air mentah dan air pemadam kebakaran dapat dilihat dalam Gbr. 3.51 . Pada dasarnya selalu tersedia volume air yang cukup untuk keperluan pemadam kebakaran, tanpa bergantung pada pemakaian air mentah. Hal ini dijamin dengan memasang pipa hisap pompa pemadam kebakaran sedemikian sehingga

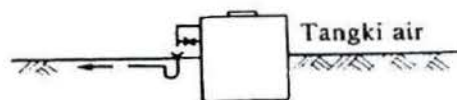
lubang masuknya dekat dengan dasar tangki, sedang untuk pompa penyediaan air mentah lubang masuk pipa hiasp dipasang lebih tinggi.



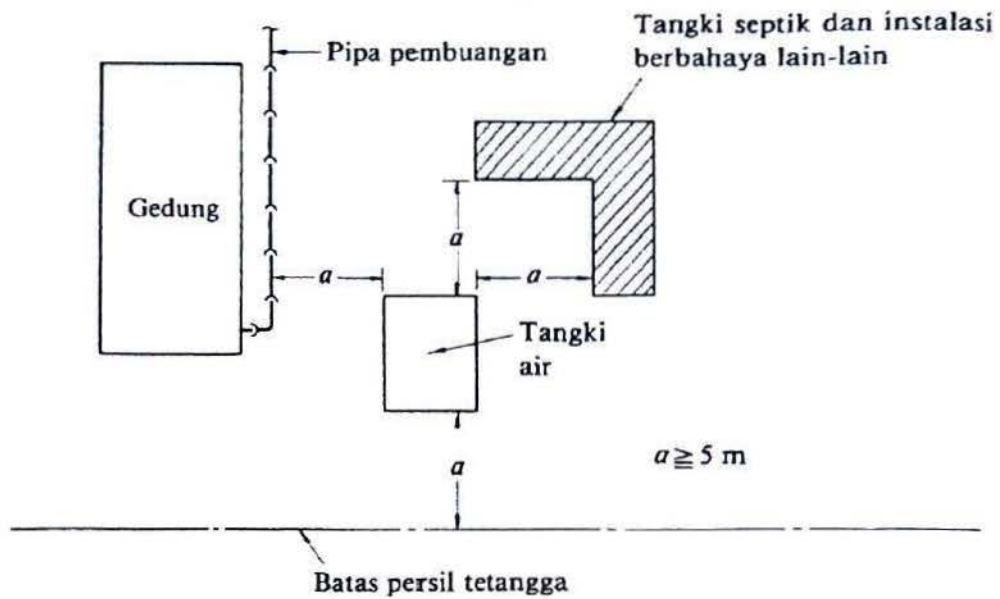
Gambar 2.13. Contoh penempatan ruangan tangki bawah tanah



(a) Seluruhnya tertanam



Gambar 2.14. Contoh penempatan tangki air di bawah tanah



Gambar 2.15. Jarak tangki air terhadap batas persil



Instalasi yang berbahaya bagi air minum, seperti pipa pembuangan, tangki septik, tangki bahan bakar.

Gambar 2.16. Contoh tangki atas

Dalam tangki semacam ini bisa terdapat daerah yang airnya diam, yang merupakan sebagian besar dari volume air persediaan untuk pemadam kebakaran. Sedapat mungkin diusahakan agar bisa

timbul gerakan air dalam tangki yang mencakup seluruh volume air.

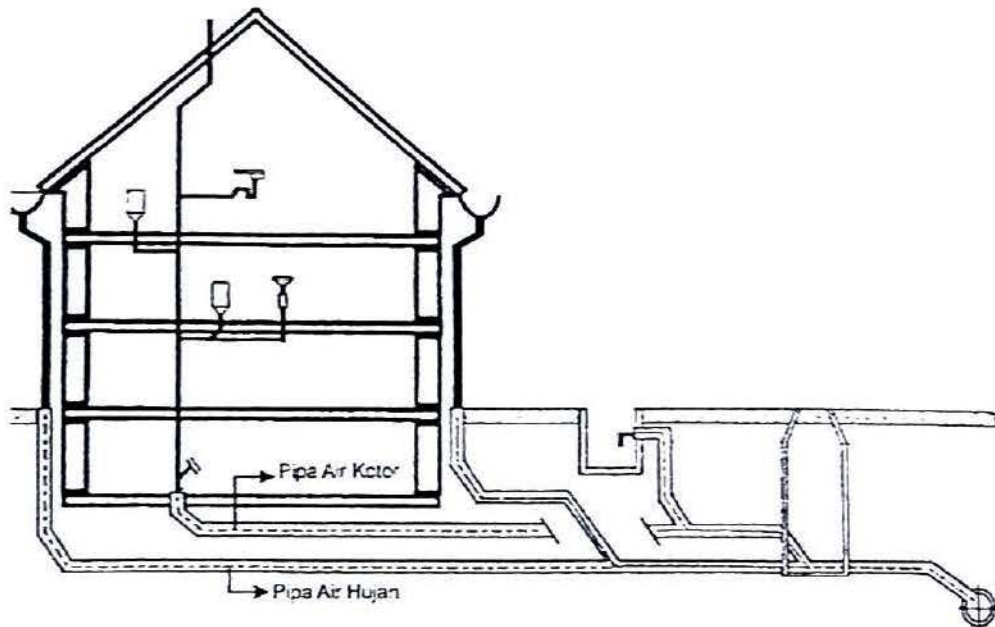
Mengingat kemungkinan timbulnya pencemaran serta makin mahalnya biaya pengolahan agar dicapai kualitas air minum, maka harus dihindarkan penggunaan suatu tangki air minum yang merangkap untuk penyediaan air pemadam kebakaran. Tangki air minum seharusnya terpisah dari tangki air pemadam kebakaran, dan tidak dihubungkan satu dengan lainnya.

BAB III

SISTEM PEMBUANGAN AIR KOTOR

A. SISTEM PEMBUANGAN AIR KOTOR

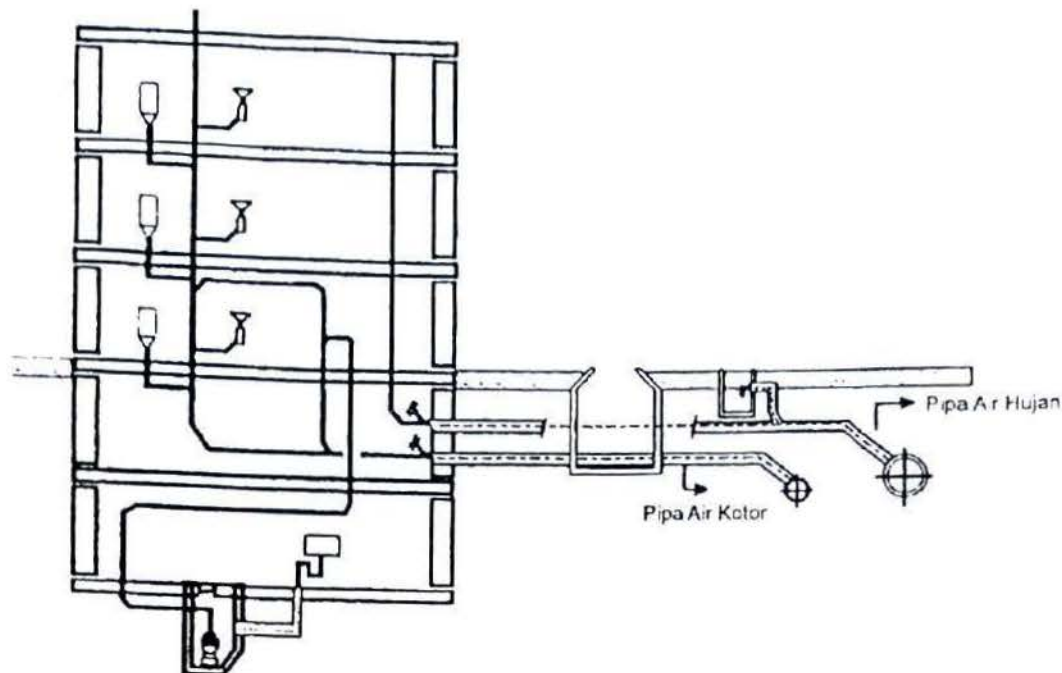
Sistem pembuangan atau penyaluran air kotor (air buangan rumah tangga dan air hujan) harus direncanakan dengan baik agar tidak merusak bangunan rumah dan mengganggu kesehatan penghuninya. Pada prinsipnya dikenal dua macam sistem pembuangan air kotor, yaitu (1) sistem campuran dan (2) sistem terpisah. Pada sistem campuran, air buangan rumah tangga dan air hujan secara bersama-sama dialirkan ke tempat pemrosesan air kotor melalui satu saluran, seperti terlihat pada gambar berikut.



Gambar 3.1. Pembuangan air Kotor Dengan Sistem Campuran

Untuk sistem terpisah, air buangan rumah tangga dialirkan ke tempat pemrosesannya melalui saluran yang terpisah dengan saluran yang mengalirkan air hujan, atau seperti terlihat pada gambar 3. Untuk bangunan rumah tinggal yang pengolahan air kotornya menggunakan sistem resapan bawah tanah atau tangki septic (*septiktank*), tidak diperkenankan menggunakan pembuangan air kotor dengan sistem campuran. Dengan sistem ini,

dapat membuat air di dalam tangki septik cepat penuh dan meluap keluar, terutama pada saat hujan turun lebat.



Gambar 3.2. Pembuangan Air Kotor Dengan Sistem Terpisah

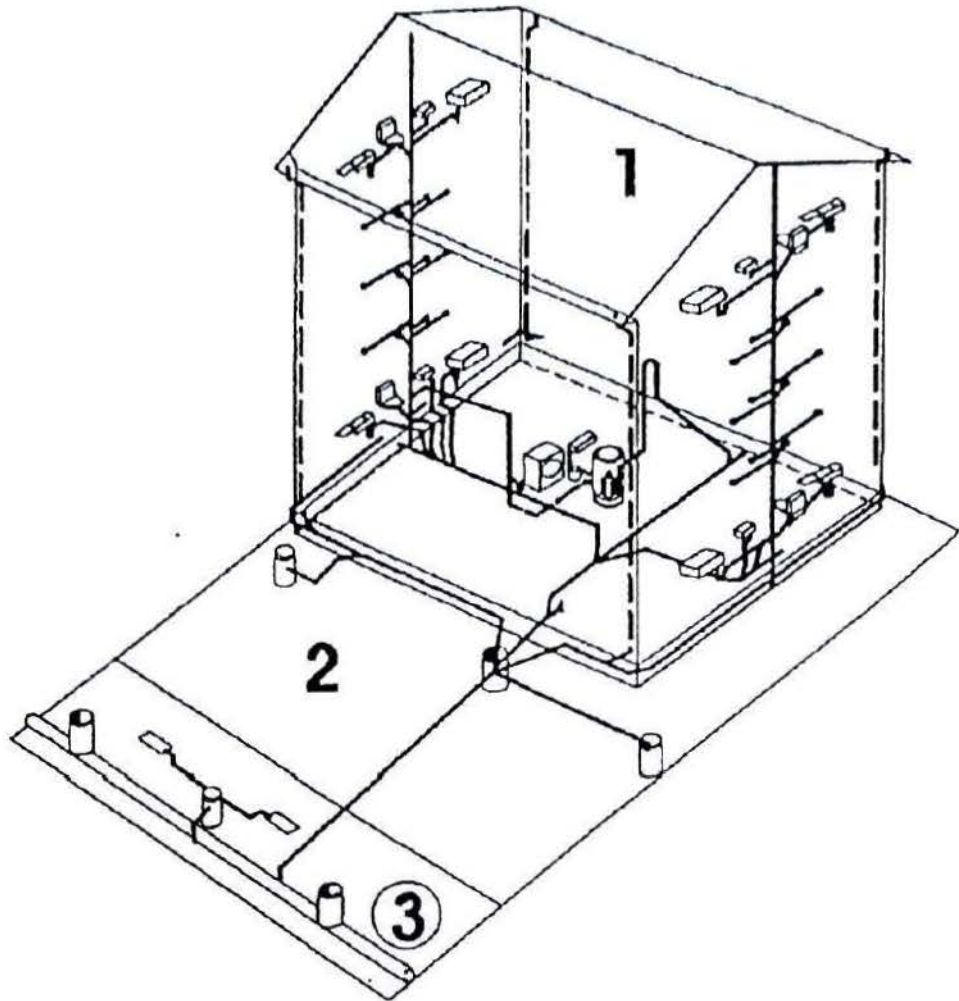
B. BAGIAN DAN KONSTRUKSI INSTALASI AIR KOTOR

Ada beberapa bagian dari suatu instalasi pembuangan air kotor. Secara skematis pada gambar 4 dilukiskan bagian-bagian pokok dari sistem pengaliran air kotor dari suatu rumah tinggal atau bangunan. Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa ada beberapa bagian dari suatu instalasi pembuangan air kotor dari suatu rumah tinggal yaitu:

- Instalasi pipa air kotor
- Riol atau pipa saluran bangunan
- Riol atau pipa drainase kota

Instalasi pipa air kotor dimaksudkan sebagai instalasi pipa yang dipasang dalam rumah untuk menampung buangan air kotor dari pipa saniter. Riol atau pipa saluran bangunan adalah pipa yang berfungsi untuk menerima buangan air kotor dari instalasi pipa air kotor dan menyalurkannya ke riol atau pipa drainase kota. Sementara riol atau pipa drainase kota adalah pipa yang menerima

buangan air kotor dari riol atau pipa saluran bangunan dan mengalirkannya ke instalasi pengolahan limbah.



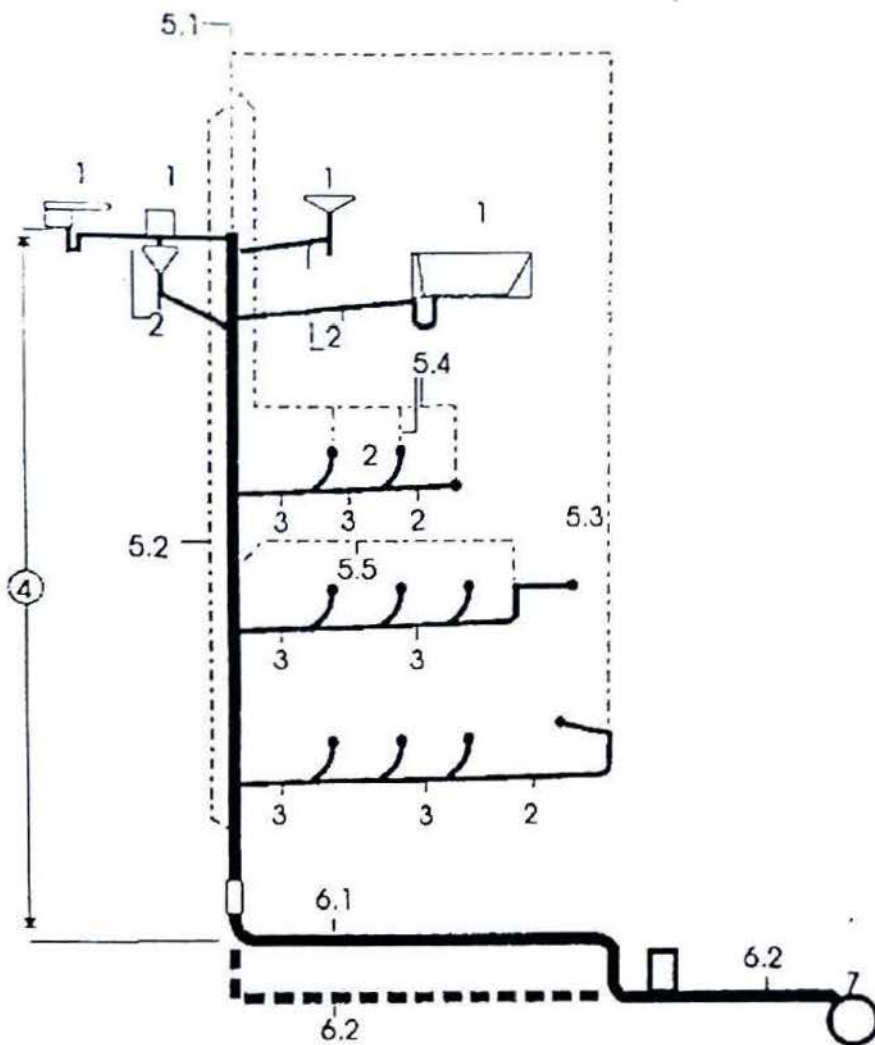
Gambar 3.3. Bagian Pokok Instalasi Pipa Air Kotor Rumah Tinggal

Instalasi pipa air kotor dalam suatu bangunan gedung berfungsi untuk menyalurkan air kotor buangan alat saniter yang terpasang dalam bangunan ke tempat penampungan atau pengolahannya. Apabila ditinjau dari fungsi ini, konstruksi instalasi pipa air kotor dapat dikelompokkan atas bagian-bagian utama sebagai berikut.

- Subyek air kotor atau peralatan saniter (1)
- Pipa sambungan (2)
- Pipa cabang (3)

- Pipa tegak lurus (4)
- Pipa udara primer (5.1)
- Pipa udara samping langsung (5.2)
- Pipa udara samping tidak langsung (5.3)
- Pipa udara sekunder (5.4)
- Pipa udara untuk pipa cabang (5.5)
- Pipa induk terbuka (6.1)
- Pipa induk tertutup (6.2)

Secara visual, bagian-bagian utama dari instalasi pipa air kotor tersebut dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 3.4. Konstruksi Instalasi Air Kotor

Agar suatu instalasi pipa air kotor dapat berfungsi dengan baik, konstruksinya harus memenuhi persyaratan sebagai berikut.

- Pipa harus tersambung rapat dan kuat agar gas kotoran ataupun air kotor yang ada di dalam pipa tidak bocor keluar sehingga tidak mencemari lingkungan rumah tinggal di mana pipa tersebut dipasang.
- Ventilasi atau aliran udara gas kotoran yang ada di dalam pipa harus disalurkan ke udara tersebut, agar tidak mengganggu kesehatan manusia ke udara terbuka, agar tidak mengganggu kesehatan manusia atau makhluk hidup lain yang ada di lingkungan rumah tinggal di mana pipa tersebut dipasang.
- Pada alat- alat saniter yang tidak mempunyai trap atau perangkat yang mencegah arus balik gas kotoran yang dibawa air kotor, harus disediakan perangkat sair (sifon). Dengan demikian, gas kotoran yang dimiliki air kotor tidak masuk ke dalam ruangan dimana alat saniter tersebut terpasang.
- Pipa air kotor harus ditata dan dipasang sesuai dengan pedoman plambing yang berlaku (untuk Indonesia yakni Pedoman Plambing Indonesia). Dalam pemasangannya pipa air kotor harus dimiringkan sedemikian rupa, agar air kotor yang ada didalamnya dapat mengalir secara lancar berdasarkan beratnya sendiri ke tempat pengumpulan atau ke tempat pemrosesannya tanpa bantuan alat penekan (pompa).
- Instalasi pipa air kotor sebaiknya dilengkapi dengan lubang pembersih (lubang kontrol) pada tempat-tempat tertentu. Lubang pembersih (lubang kontrol) ini berfungsi untuk membersihkan pipa air kotor dari kotoran-kotoran yang menyumbat sehingga kemacetan dalam instalasi pipa air kotor dapat dihindari (dicegah).

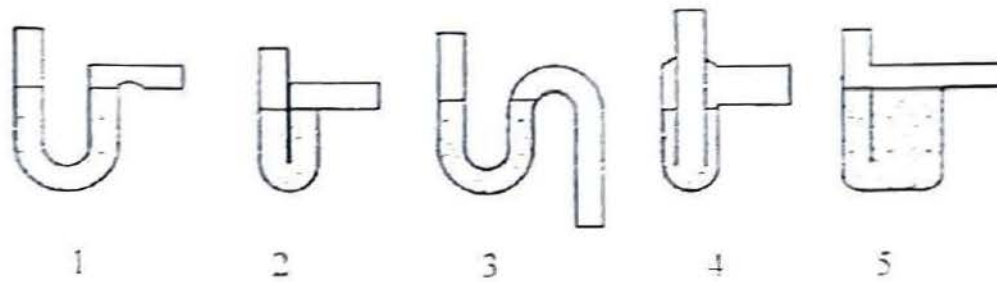
C. SUMBER ATAU SUBJEK AIR KOTOR

Subjek air kotor secara umum dapat diartikan sebagai peralatan yang menerima atau menampung air kotor, dan pipa yang menyalurkannya pada instalasi pipa air kotor. Peralatan-peralatan tersebut dapat ditemui di dalam rumah atau di dalam bangunan gedung dalam wujud; peralatan saniter seperti kloset (WC),

peturasan (urinoir), bak cuci tangan (wastafel), bak mandi (bathtub), peralatan saniter spesial, seperti mesin cuci, mesin cuci piring, bak bak cuci peralatan masak, bak cuci laboratorium dan peralatan lain yang sejenisnya; peralatan penyaluran air, seperti saluran air buangan lantai dan saluran air buangan taman.

Selain dalam wujud perlatan tersebut yang termasuk dalam kelompok subjek air kotor ini, yakni sifon yang dipasang pada alat saniternya. Sifon alat saniter adalah suatu pipa lengkung berbentuk S atau U yang didalamnya berisi air. Pipa lengkung ini sering dinamakan perangkap air. Hal ini karena air di dalam pipa berfungsi sebagai perangkap untuk mencegah masuknya gas atau bau busuk yang berasal dari instalasi pipa air kotor ke dalam ruangan tempat tinggal. Pencegahan ini bertujuan untuk menjaga agar penghuni atau pemakai ruangan tidak terganggu oleh bau busuk yang merusak kesehatan.

Dikenal beberapa bentuk perangkap air yakni seperti dapat dilihat dalam gambar di bawah ini.



Keterangan :

1. Perangkap air dengan pipa keluaran besar
2. Perangkap air berbentuk botol
3. Perangkap air berbentuk S
4. Perangkap air dengan pipa tekan
5. Perangkap air botol dengan ruang-ruang keluar besar

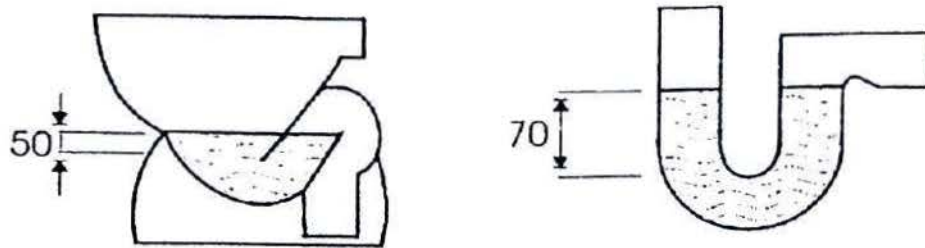
Gambar 3.5. Bentuk-Bentuk Siphon (Perangkap Air)

Supaya perangkap air dapat berfungsi dengan baik maka perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut.

- Tinggi minimal air di dalam perangkap air untuk: (1) Kloset(WC) = 50 mm dan (2) peralatan saniter lainnya = 70 mm.
- Perangkap air harus dapat membersihkan dirinya sendiri melalui air glontoran, dan harus memiliki lubang kontrol yang

dapat digunakan untuk membersihkan sifon apabila ada kemacetan (tersumbat).

- Perangkat air harus mudah dipasang serta mudah diperbaiki jika ada kerusakan



Gambar 3.6. Tinggi Minimal Air Dalam Perangkat Air

D. PIPA SAMBUNGAN INSTALASI AIR KOTOR

Pipa yang menghubungkan perangkat air dari suatu alat saniter ke pipa cabang, pipa tegak lurus, atau pipa induk tertutup/terbuka dari suatu instalasi pipa air kotor, dinamakan pipa sambungan. Pipa ini berfungsi untuk mengalirkan air kotor yang berasal dari alat saniter ke pipa cabang, pipa tegak lurus, atau pipa induk tertutup/terbuka.

Untuk menyambungkan pipa cabang mendatar sambungan tunggal dengan perangkat air alat saniter (kecuali WC) digunakan fitting. Diameter fitting dibuat lebih besar satu tingkat dari diameter perangkat air saniternya atau sama dengan diameter pipa sambungan. Hal itu dimaksudkan untuk menghindari terhisapnya air di dalam perangkat air ketika sedang terjadi proses pembilasan atau penyaluran air kotor di dalam pipa sambungan.

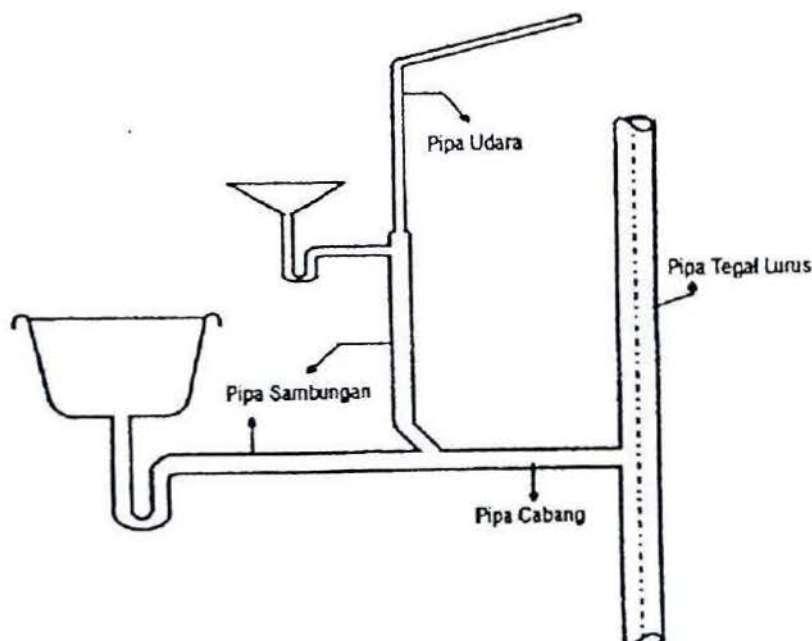
Sementara itu untuk menyambut pipa sambungan tanpa pipa udara dengan pipa tegak lurus, dilakukan dengan menggunakan fitting T88,5° sedangkan pipa sambungan dengan pipa udara digunakan fitting T45°.

Dalam pemasangannya, pipa sambungannya mendatar dibuat miring agar menjaga kelancaran air kotor. Kemiringan pipa (perbedaan tinggi kedua ujung pipa) ini harus lebih besar atau sama dengan diameter dalam pipa ($\geq d$). Agar lebih jelas, lihat gambar di bawah ini.

Untuk menyambungkan suatu alat saniter dengan pipa tegak lurus, dimana jarak alat saniter dengan pipa tegak lurus ($L \leq 1,0$ m) dapat digunakan pipa sambungan miring. Untuk penyambungan pipa sambungan miring dengan pipa tegak lurus, dapat digunakan fitting T 45° atau T 60° . Akan tetapi, pada penyambungan langsung seperti ini perlu diperhatikan ketentuan berikut. Tidak diperkenankan adanya penyambungan pipa air kotor yang lain pada pipa tegak lurus sepanjang 0,5 m, yang dimulai dari titik tengah fitting penyambung pipa cabang mendatar, sambungan tunggal, dengan pipa tegak lurus ke bawah.

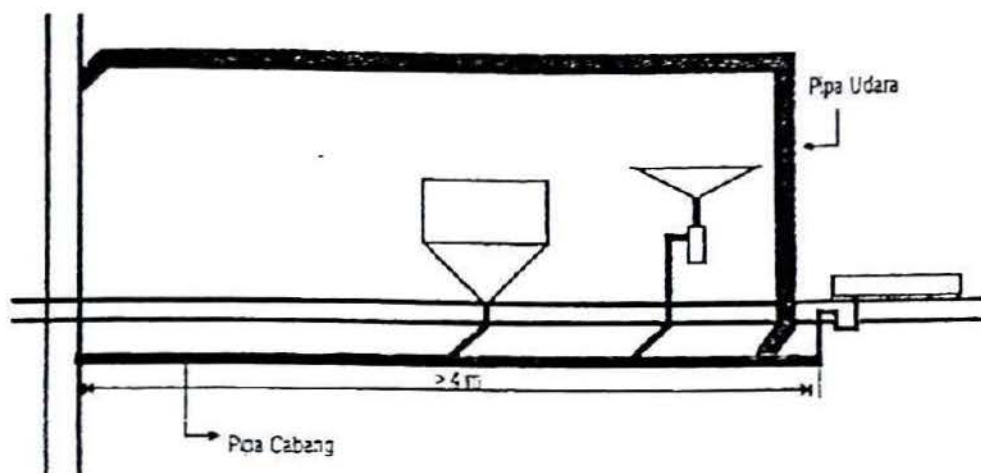
Namun demikian untuk menyambungkan suatu alat saniter dengan pipa tegak lurus ($L \leq 4,0$ m) dapat digunakan pipa sambungan mendatar, pipa sambungan miring, atau pipa sambungan tegak lurus. Sementara itu untuk menyambungkan pipa sambungan dengan pipa cabang, atau dengan pipa induk terbuka/tertutup, harus menggunakan fitting T 30° , T 45° , atau T 60° .

Pipa air kotor yang dipasang mendatar dengan kemiringan sampai dengan 5° , dan menghubungkan pipa sambungan dengan pipa tegak lurus, atau pipa induk terbuka/tertutup, dinamakan pipa cabang.



Gambar 3.7. Konstruksi Pipa Cabang

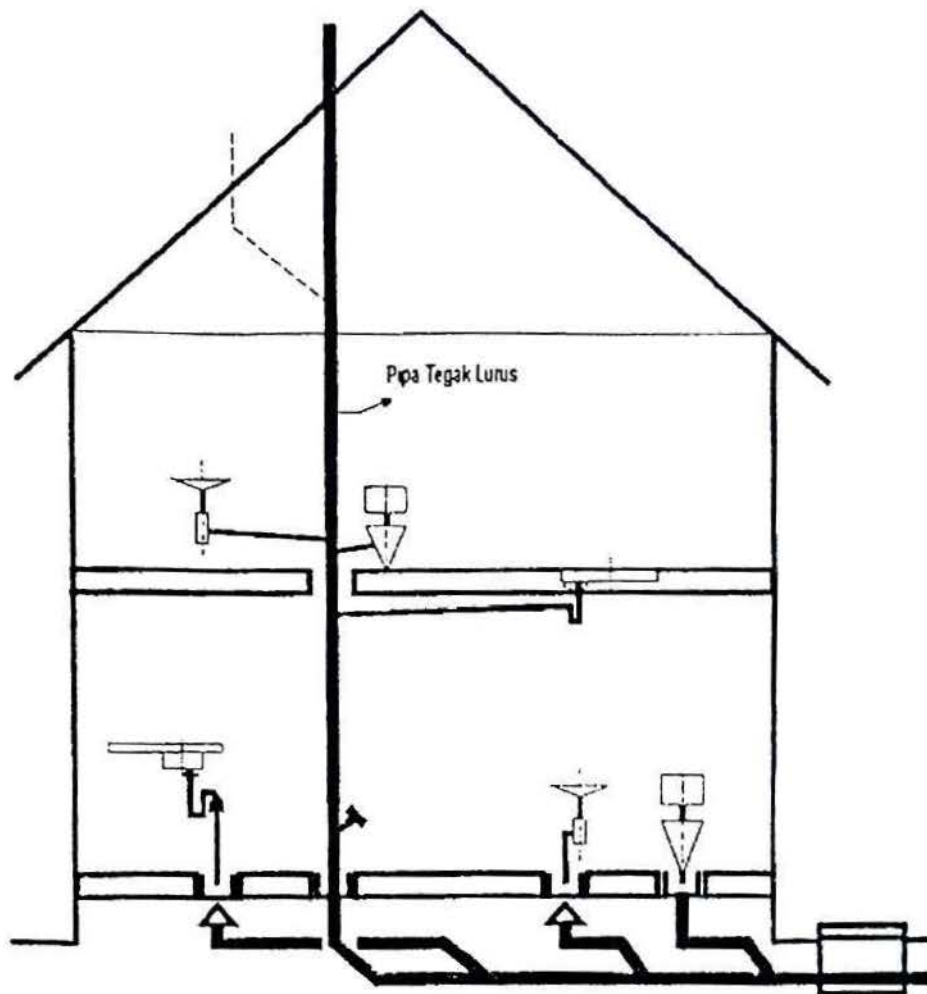
Pipa cabang berfungsi untuk menerima buangan air kotor dari dua atau lebih pipa sambungan dan selanjutnya menyalurkannya ke pipa tegak lurus atau pipa induk terbuka/tertutup pada instalasi pipa air kotor. Berdasarkan konstruksinya, dikenal dua macam pipa cabang, yaitu (1) pipa cabang tanpa pipa saluran udara dan (2) pipa cabang dengan saluran udara. Ada juga konstruksi pipa cabang tanpa pipa saluran udara dapat dan konstruksi pipa cabang dengan pipa saluran udara, seperti pada gambar berikut ini.



Gambar 3.8. Konstruksi Pipa Cabang Dengan Pipa Saluran Udara

Secara umum, cara menyambungkan pipa cabang pada pipa tegak lurus adalah sama dengan cara menyambungkan pipa sambungan pada pipa tegak lurus, yaitu dengan menggunakan fitting T $88,5^\circ$ atau fitting T 45° . Untuk menghindari terjadinya gangguan terhadap air dalam sifon alat saniter, maka dalam pemasangan pipa cabang perlu diperhatikan agar panjang pipa keseluruhan (pipa sambungan + pipa cabang) tidak lebih dari 4 m. Apabila konstruksi instalasi pipa air kotor menghendaki pipa cabang harus disambungkan secara langsung pada pipa induk terbuka/tertutup maka cara penyambungannya sama seperti cara penyambungan pipa sambungan pada pipa induk, yaitu menggunakan fitting T 30° , T 45° , atau T 60° .

Selain pipa cabang, dalam instalasi air kotor ada juga pipa tegak lurus. Pipa ini dipasang tegak lurus berawal dari pipa buang induk di dasar atau di bawah bangunan hingga melewati satu atau beberapa tingkat (lantai) bangunan sampai menebus atapnya dinamakan pipa tegak lurus.



Gambar 3.9. Konstruksi Pipa Tegak Lurus

Pipa tegak lurus mempunyai fungsi utama menerima buangan air kotor dari pipa sambungan dan/atau pipa cabang. Selain itu, pipa tegak lurus juga mempunyai fungsi untuk menyalurkan air kotor ke pipa buang induk terbuka/tertutup dan sebagai ventilasi utama bagi instalasi pipa air kotor.

m.
pipa

Pipa dasarnya jika di tinjau dari sistem penyaluran air kotor, pipa tegak lurus dibedakan dalam dua macam konstruksi, yaitu: (a) pipa tegak lurus tunggal dan (b) pipa tegak lurus terpisah.

Pada pipa tegak lurus tunggal, penyaluran segala buangan air kotor dari seluruh alat saniter dialirkan melalui satu pipa tegak lurus. Sementara pada pipa tegak lurus terpisah, penyaluran air kotor buangan alat saniter WC dan urinal dialirkan melalui pipa tegak lurus yang terpisah dari pipa tegak lurus penyaluran buangan air kotor alat saniter yang lain. Sistem pipa tegak lurus terpisah hanya disarankan untuk digunakan pada bangunan kecil, yang tidak memiliki ruangan tangki septik yang besar. Namun demikian, untuk bangunan yang memiliki ruang tangki septik yang cukup luas, atau lingkungan yang memiliki unit pengolahan limbah (air kotor), sebaiknya menggunakan sistem pipa tegak lurus tunggal.

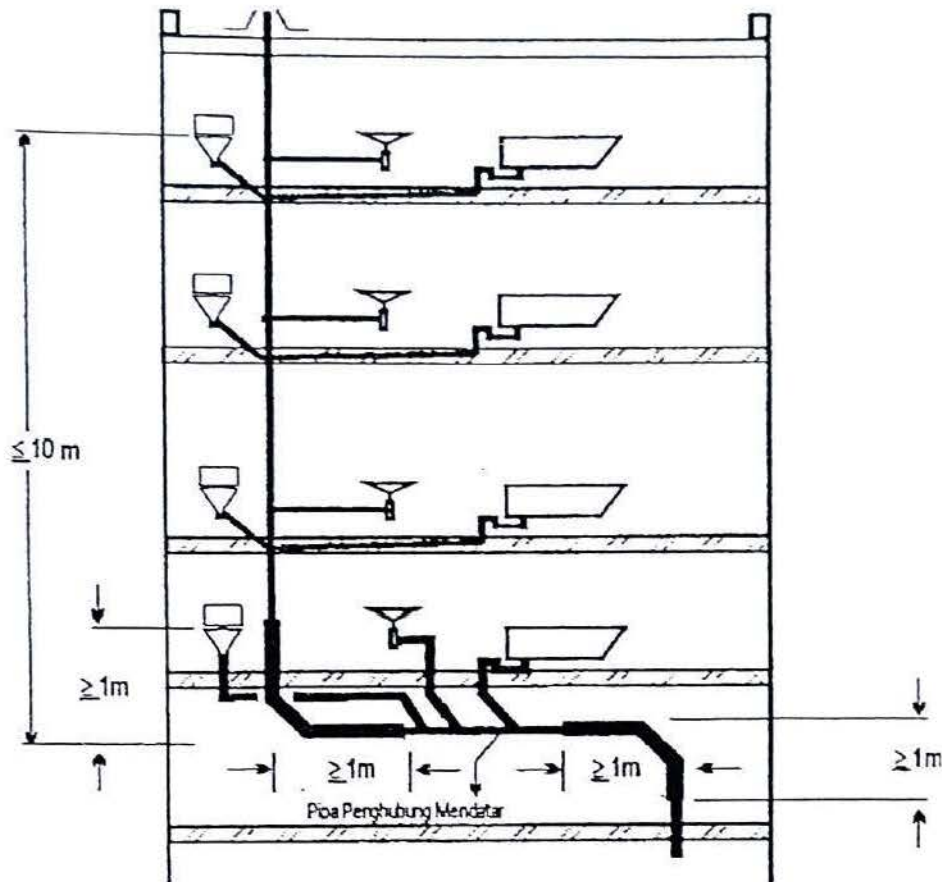
Untuk menghindari terjadinya kemacetan aliran air kotor dalam instalasi pipa air kotor, setiap pipa tegak lurus harus dilengkapi dengan lubang kontrol. Lubang kontrol yang berfungsi sebagai lubang jalan untuk membersihkan kotoran yang tertimbun dalam pipa tegak lurus.

Penempatan lubang kontrol pada instalasi pipa air kotor hendaknya dipasang sebelum belokan persambungan pipa tegak lurus dengan pipa induk pada ketinggian 0,5 m dari lantai. Dalam hal ini, lubang kontrol ditempatkan dalam satu ruang tersendiri, tetapi tidak di dalam rumah atau bangunan.

Untuk menyambungkan pipa tegak lurus kepada pipa induk menggunakan dua buah fitting, yaitu fitting siku 30° dan fitting siku 60° . Apabila konstruksi bangunan menggunakan pipa tegak lurus, suatu instalasi pipa air kotor harus dipasang tidak dalam satu garis lurus (harus terjadi pergeseran poros). Oleh karena itu, maka dalam pemasangannya perlu memperhatikan hal-hal berikut.

- a. Untuk pipa tegak lurus yang pergeseran porosnya lebih kecil atau sama dengan 1,0 m ($l \leq 1,0$ m), disambungkan dengan dua siku 45° sesuai ketentuan.
- b. Untuk pipa tegak lurus dengan pergeseran poros (L), $1 \text{ m} < L < 10 \text{ m}$, dan tinggi maksimu pipa buang (outlet) alat saniter yang paling atas, (di ukur dari belokan pipa tegak lurus pada

pipa sambung mendatar ≤ 10 m), maka kedua pipanya disambungkan dengan pipa penghubung mendatar. Apabila dikehendaki melakukan penyambungan pipa sambungan dan/atau pipa cabang pada pipa penghubung mendatar, hendaknya dilakukan sesuai dengan ketentuan pada gambar berikut ini.



Gambar 3.10. Ketentuan Penyambungan Pipa tegak Lurus

Selanjutnya penyambungan kedua pipa tegak lurus dengan pipa penghubung mendatarnya dilakukan dengan menggunakan dua buah fitting siku 45° . Sedangkan cara menyambungkannya dilakukan sesuai dengan ketentuan.

Untuk pipa tegak lurus dengan pergeseran porosnya (L) > 1 m $L < 10$ m, dan (h maks) > 10 m, tidak diperkenankan penyambungan pipa sambungan atau pipa cabang pada pipa penghubung mendatar. Apabila dikehendaki penyambungan pipa sambungan cabang pada daerah pipa penghubung mendatar, maka

penyambungannya hendaknya dilakukan pada pipa “by pass”. Kriteria penyambungan pipa “by pass” pada pipa tegak lurus harus dilakukan sesuai dengan ketentuan Gambar 2.25 berikut ini. Besarnya diameter pipa “by pass” tergantung pada jumlah nilai alat saniter yang tersambung padanya. Akan tetapi, pada umumnya diameter pipa “by pass” dibuat satu tingkat lebih kecil dari diameter pipa tegak lurus, pada tempat pipa “by pass” tersebut dipasangkan.

E. PIPA UDARA (VENTILASI)

Instalasi pipa (bagian pipa) air kotor yang hanya diperuntukkan untuk sirkulasi udara, disebut juga udara atau ventilasi. Dengan demikian, pipa udara dan tidak digunakan untuk menerima buangan air kotor atau mengalirkan air kotor dari suatu instalasi pipa air kotor. Berdasarkan hal itu, fungsi utama dari pipa adalah memelihara keseimbangan tekanan udara di dalam instalasi pipa air kotor.

Berdasarkan penempatannya atau pemasangannya pada konstruksi instalasi pipa air kotor, pipa udara dibedakan atas beberapa macam, yaitu:

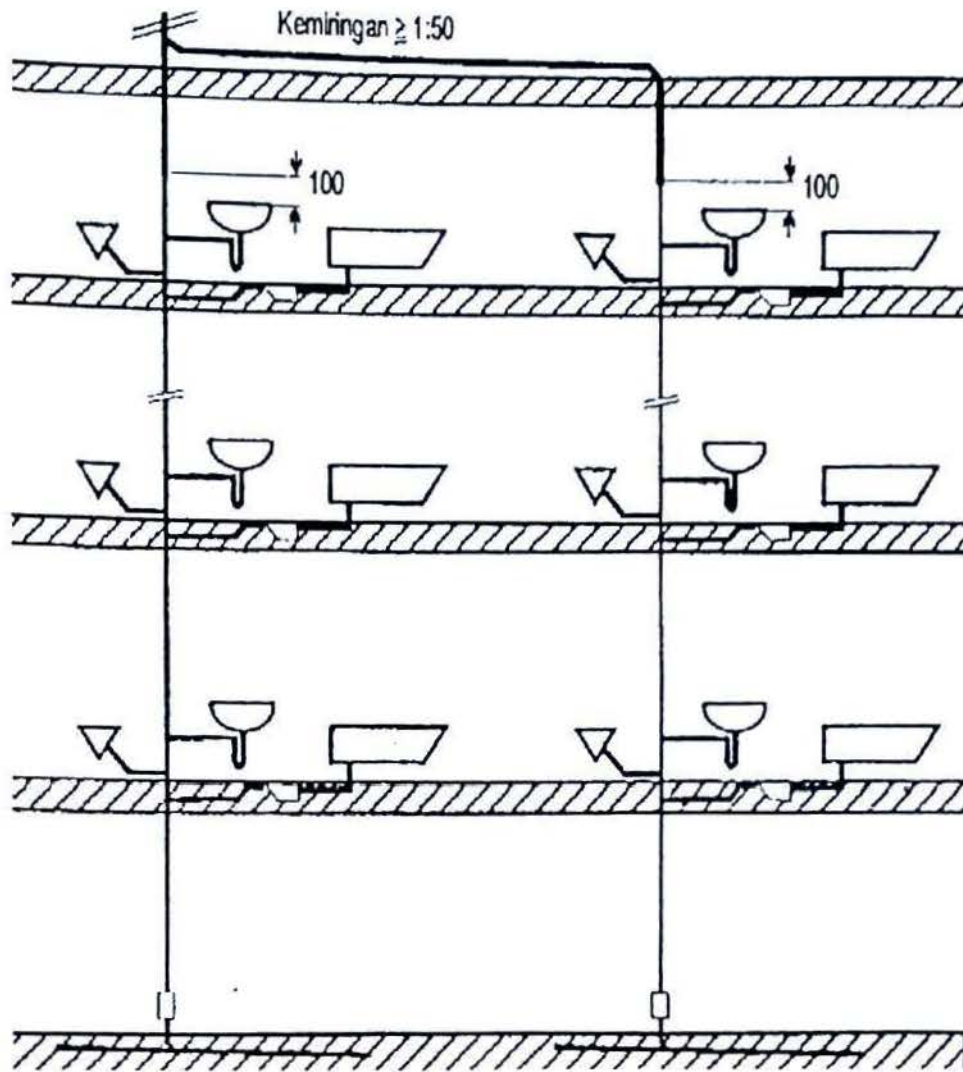
- Pipa udara primer
- Pipa udara samping langsung
- Pipa udara samping tidak langsung
- Pipa udara sekunder
- Pipa udara pipa cabang

1. Pipa Udara Primer

Dalam suatu konstruksi, yang termasuk dalam pipa udara primer adalah: (1) bagian pipa tegak lurus yang tidak bersentuhan dengan air kotor yang berasal dari alat saniter; (2) bagian pipa tegak lurus mulai dari pertemuannya dengan fitting penyambung pipa sambungan; (3) pipa cabang – pipa cabang yang paling atas; dan (4) pipa tegak lurus yang keluar menembus atap.

Apabila dilihat dari jumlah pipa tegak lurus yang di hubungkan dengan pipa udara primer dibedakan dalam dua macam konstruksi, yaitu: (1) pipa udara primer untuk satu pipa tegak lurus dan (2) pipa udara primer untuk dua atau lebih pipa tegak lurus.

Konstruksi pipa udara primer untuk dua atau lebih pipa tegak lurus dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3.11. Pipa Udara Primer Untuk Dua atau Lebih Pipa Tegak Lurus.

2. Pipa Udara Samping Langsung

Pipa udara yang dipasang sejajar dengan pipa tegak lurus di setiap tingkat(lantai) bangunan , dinamakan pipa udara samping langsung. Konstruksi dari pipa udara ini dapat dilihat pada gambar di samping.

BAB IV

BAHAN DAN PENYAMBUNG PIPA

INSTALASI AIR

A. JENIS BAHAN PIPA

Seseorang yang hendak berkecimpung dalam kegiatan perencanaan dan pemasangan instalasi pipa air kotor hendaknya mempunyai pengetahuan yang cukup tentang jenis dan sifat bahan pipa. Pengetahuan ini dirasa perlu karena tidak semua pipa dapat digunakan untuk pembuatan instalasi pipa air kotor. Hal itu disebabkan tidak semua jenis pipa sama daya tahannya terhadap pengaruh lingkungan yang ada di luar pipa.

Pemilihan jenis bahan pipa yang akan digunakan dalam suatu instalasi pipa air kotor pada umumnya sangat tergantung pada kualitas dan daya tahan pipa tersebut terhadap pengaruh (kontak) materi air kotor yang mengalir di dalam pipa. Di samping itu, daya tahan pipa berpengaruh pada lingkungan yang ada di sekitar pipa.

Terdapat berbagai macam pipa yang dapat digunakan untuk pembuatan instalasi pipa air kotor. Apabila dikelompokkan berdasarkan bahan dasar pembuatan pipa-pipa tersebut dapat diklasifikasikan sebagai berikut (1) pipa plastik, (2) pipa besi tuang, dan (3) pipa asbes semen. Dari ketiga jenis pipa ini, pipa yang paling banyak digunakan pada saat ini adalah pipa plastik.

B. PIPA PLASTIK DAN CARA PENYAMBUNGANNYA

Dengan perkembangan teknologi produksi plastik, berbagai macam bentuk dan jenis plastik telah dapat diproduksi. Salah satu di antaranya adalah pipa plastik yang banyak digunakan dalam instalasi pipa air kotor. Penggunaan pipa plastik dalam instalasi pipa air kotor banyak disukai. Hal tersebut karena pipa plastik mempunyai kelebihan, di antaranya (1) lebih ringan, (2) lebih murah, (3) tahan terhadap korosi, (4) lebih mudah dipasang, dan (5) dapat dibuat dengan sifat-sifat yang khusus.

Plastik dapat diperoleh melalui transformasi (sintese) kimia minyak bumi, gas bumi, atau batu bara. Oleh karena itu, plastik sering juga disebut bahan organik, ini berarti plastik dibentuk dari persenyawaan karbon yang berasal dari bahan-bahan tersebut.

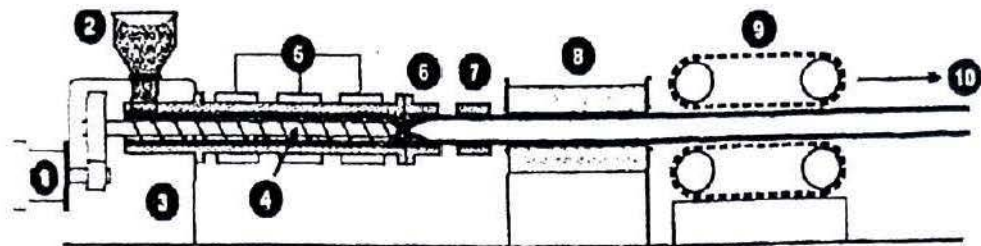
Proses pembuatan plastik disusun dalam dua tahap, yaitu: (1) transformasi dari pemberian reaksi, dan persenyawaan organik yang menghasilkan molekul monomere serta (2) melanjutkan pemberian reaksi melalui penyambungan molekulmonomere menjadi makro molekul. Penyambungan molekul monomere menjadi makro molekul dapat dilakukan melalui tiga cara, yaitu: (1) polimerisasi, (2) pilikondensasi, dan (3) poliadisi.

Pada umumnya plastik dikelompokkan dalam tiga kelompok utama, yaitu (1) termoplastik (2) duroplastik (3) plastik elastomere. Jenis plastik yang banyak digunakan untuk pembuatan pipa plastik adalah termoplastik. Tiga produk plastik dari kelompok termoplastik yang banyak digunakan untuk pembuatan pipa plastik adalah (1) PVC (polyvynilchloride), (2) PE (polyyethylen), dan (3) ABS (acrylonitrile butadiene styrene). Ketiga jenis produk plastik kelompok termoplastik tersebut mempunyai sifat-sifat seperti dalam tabel di bawah ini.

Tabel 4.1. Sifat – sifat plastik PVC, PE, ABS

No	Sifat-Sifat	Jenis plastik		
		PVC	PE	ABS
1	Berat jenis dalam kg/dm ³	1,4	0,96	1,1
2	Muai panjang dalam mm/m ^o C	0,08	0,2	0,08
3	Kepekaan terhadap keretakan dan pukulan di bawah temperatur ^o C	Ya	Tidak	Tidak
4	Kestabilan terhadap panas ^o C	70	100	100
5	Kemungkinan terus terbakar di luar api	Tidak	Ya	Ya
6	Bau asapnya seperti	chlor	Lilin	Gula
7	Dapat disambung dengan kemampuan mengalirkan listrik	Lem	Las	Lem
8	Kemampuan mengalirkan panas dalam 1 kkal/mh ^o C	0,14	0,37	0,14

Pembuatan (produksi) pipa plastik pada umumnya dilakukan melalui proses pengepresan (*extrudieren*). Sementara itu, alat yang digunakan adalah mesin pres (*extruder*) yang konstruksinya seperti terlihat pada Gambar 3.1. dalam gambar ini dapat dilihat melalui ulir cacing yang berputar dalam silinder yang dipanaskan, butir-butir plastik didorong ke depan menuju alat pembentuk pipa.



Keterangan:

- | | |
|---------------------------------|----------------------------|
| 1. Motor penggerak | 6. Komponen pembentuk pipa |
| 2. Tempat pengisi butir plastik | 7. Pengarah dan pembentuk |
| 3. Mesin pengepres | 8. Pendingin |
| 4. Ulir cacing | 9. Penarik |
| 5. Silinder pemanas | 10. Pipa hasil produksi |

Gambar 4.1. Pembuatan Pipa Plastik dengan “Extruder”

Panjang pipa yang diproduksi oleh pabrik pada umumnya adalah 4 meter. Apabila suatu instalasi pipa air kotor membutuhkan pipa lebih panjang dari 4 meter maka harus dilakukan penyambungan pipa. Pengertian penyambungan pipa sangat beraneka ragam dan tergantung dari bahan pipa yang akan disambung. Penyambungan pipa plastik dapat diartikan sebagai penyambungan pipa dengan pipa secara langsung atau penyambungan pipa melalui fitting.

Penyambungan pipa plastik PVC dilakukan melalui penyambungan fitting, sedangkan untuk mengikat pipa pada fitting dilakukan dengan perekat (lem). Akan tetapi, cara penyambungannya dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut.

- (1) Buatlah pinggulan pada ujung pipa yang akan disambung dengan sudut 15° dan ukuran sebagai berikut.
- (2) Persiapkan alat perekat (lem) dan alat-alat pembersih (kertas gosok). Ukuran dalamnya fitting, lalu pindahkan

ukuran tersebut pada ujung pipa yang akan disambungkan pada fitting.

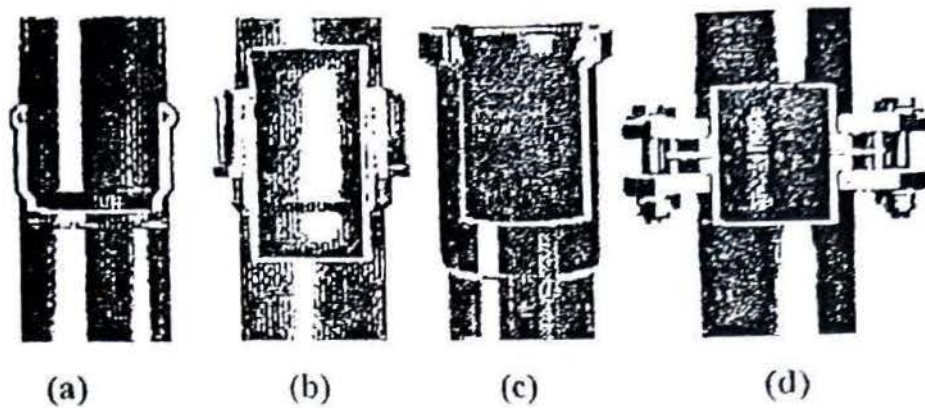
- (3) Bersihkan ujung pipa yang akan disambung sampai dengan ukuran yang diberikan dari segala kotoran, dan bagian dalam fitting dengan kertas gosok
- (4) Oleskan perekat (lem) pada permukaan ujung pipa yang telah di bersihkan, demikian pula pada bagian dalam fitting.
- (5) Masukkan ujung pipa ke dalam fitting dan tekan hingga batas ukuran yang telah ditentukan.

Sementara itu untuk menyambungkan pipa plastik PE dilakukan dengan dua cara yaitu (1) penyambungan pipa dengan pipa dengan pipa secara langsung dan (2) penyambungan pipa dengan fitting. Untuk penyambungan pipa dengan pipa secara langsung dilakukan melalui proses las dengan menggunakan alat pemanas listrik.

Cara pengelasannya dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut.

- (1) Panasi alat pemanas listrik dengan memasukkan stop kontaknya pada stop kontak listrik hingga temperatur 220°C
- (2) Tempelkan kedua ujung pipa yang akan disambung pada piringan alat pemanas listrik hingga kedua ujung pipa tersebut mulai meleleh (atau selama 90-100 detik)
- (3) Tempelkan kedua ujung pipa yang akan disambung, kemudian tekan hingga kedua ujungnya melekat secara baik dan sempurna

Sementara itu pada penyambungan pipa plastik PE dengan menggunakan fitting, dibedakan antara sambungan yang tidak permanen dan sambungan yang permanen. Untuk penyambungan yang tidak permanen digunakan fitting yang dinamakan soket. Terdapat beberapa jenis soket yang digunakan untuk sambungan ini yaitu seperti terlihat pada gambar berikut ini.



Gambar 4.2. Beberapa soket penyambung Pipa Plastik PE

Untuk penyambungan pipa secara permanen digunakan fitting bernama soket listrik. Pada hakekatnya penyambungan pipa plastik dengan soket listrik adalah sama dengan proses penyambungan pipa dengan las. Pengelasan pipa dilakukan dengan alat las. Adapun cara penyambungan dilakukan dengan langkah-langkah berikut.

- (1) Bersihkan kedua ujung pipa yang akan disambung dengan kertas gosok sampai batas ukuran yang akan dimasukkan dalam soket. Demikian juga bagian dalam soket.
- (2) Masukkan kedua ujung pipa yang telah ditentukan, perhatikan sebelum dan selama proses pengelasan, kedua ujung pipa dan bagian dalam soket harus dalam keadaan kering.
- (3) Lakukan proses pengelasan pipa dengan soket listrik sesuai petunjuk yang terdapat pada alat las
- (4) Periksa apakah pengelasan antara soket dengan pipa sudah betul-betul baik

C. PIPA BESI TUANG DAN CARA PENYAMBUNGAN

Selama beberapa waktu lalu (sebelum plastik diproduksi secara luas seperti sekarang), bahan yang paling populer dan paling umum digunakan untuk instalasi pipa air kotor adalah pipa yang terbuat dari besi tuang. Pipa besi tuang dibuat dari besi tuang kelabu yang salah satu sifatnya adalah mempunyai sifat luncur yang baik (tahan gesekan kecil).

Proses pembuatan pipa besi tuang dilakukan dalam suatu tabung yang berputar. Meskipun pipa besi tuang baik apabila diair dari airgunakan dalam instalasi air kotor, penggunaannya untuk instalasi pipa air kotor bangunan yang lebih dari 25 lantai, banyak dihindari. Hal ini disebabkan vibrasi dari air kotor dapat menimbulkan rusaknya sambungan pipa. Satu kelemahan dari pipa besi tuang adalah dimungkinkannya pipa besi tuang rusak karena karat (*korosi*) terjadinya karat disebabkan oleh aksi karbon dioksida, belerang oksida, dan gas metana yang dibentuk oleh asam karbonat (*carbonic acid*) dan asam belerang (*sulfuric acid*) dari air kotor yang mengalir dalam pipa. Zat-zat ini melalui reaksi kimia yang berlangsung secara perlahan-lahan atau oksidasi membentuk ferro oksida atau yang biasa disebut karat.

Di pasaran, pipa besi tuang diperdagangkan dengan panjang 3 meter dan diproduksi dalam dua bentuk, yaitu (1) pipa dengan naf tunggal dan (2) pipa dengan naf ganda.

Apabila suatu instalasi pipa air kotor membutuhkan panjang pipa lebih dari tiga meter, harus dilakukan penyambungan pipa perlu diperhatikan bahwa naf dari pipa adalah bagian dari persambungan pipa.

Dengan demikian, ukuran panjang pipa harus ditetapkan dari bagian dasar naf hingga ke ujung pipa. Setelah panjang pipa ditetapkan, langkah berikutnya adalah melakukan pemotongan pipa. Ada beberapa cara pemotongan pipa besi tuang, tetapi cara yang paling banyak digunakan adalah pemotongan dengan pahat, dan pemotongan dengan gergaji. Pemotongan pipa dengan pahat dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut.

- (1) Ukurlah panjang pipa yang dibutuhkan (mulai dari dasar naf pipa), lalu berilah tanda dan garis melingkar dengan kapur atau spidol.
- (2) Letakkan pipa di atas papan berukuran 5x10 cm, dan usahakan agar garis yang melingkari pipa dimana pipa akan dipotong tepat pada pinggiran papan.
- (3) Mulailah memotong pipa dengan meletakkan ujung pahat yang tajam di atas garis yang melingkari pipa, kemudian pukul kepala pahat dengan kekuatan sedang.

- (4) Lakukan hal yang sama seperti pada poin (3) mengikuti garis yang melingkari pipa hingga kedalaman tertentu sampai pipa dapat dipatahkan dengan menekannya ke papan alas.

Setelah pipa yang dibutuhkan dipotong, tahap berikutnya adalah penyambungan pipa. Sebelum penyambungan pipa, hendaknya ujung pipa yang baru dipotong diratakan dengan kikir atau gerinda.

Penyambungan pipa besi tuang dilakukan dengan dua cara, yaitu (1) penyambungan pipa dengan dempul timah dan (2) penyambungan pipa dengan dempul timah pada umumnya digunakan untuk menyambung pipa dengan pipa yang ber-*nap* dan dilakukan dengan menggunakan dua buah perekat, yaitu (1) serat tali rami dan (2) timah cair.

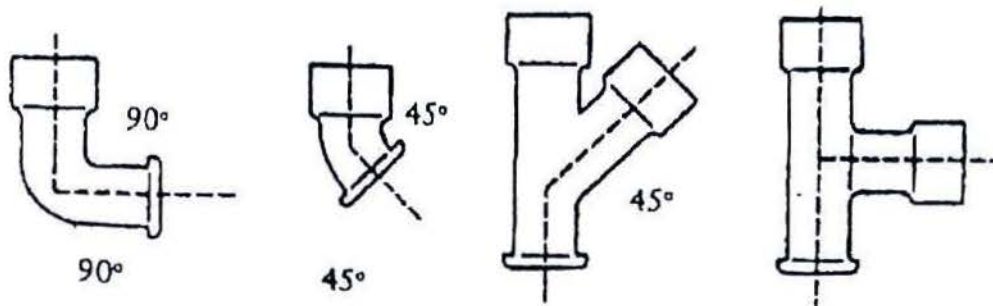
Adapun langkah-langkah penyambungannya adalah sebagai berikut.

- (1) Setelah pipa dipotong sesuai ukuran, ujung pipa yang berpinggul dimasukkan ke dalam ujung pipa yang ber-*nap*. Kemudian masukkan dua lapis paking serat tali rami ke dalam celah persambungan pipa, lalu dipadatkan dengan menggunakan alat seperti yang tampak pada gambar di samping.
- (2) Periksa ketegaklurusan atau kelurusan pipa yang telah atau hendak disambung dengan "water pas".
- (3) Apabila kedua pipa sudah baik kelurusan atau ketegakannya, maka tuangkan timah yang sudah dicairkan ke dalam celah penyambungan pipa.
- (4) Padatkan timah yang telah dituang ke dalam celah penyambungan pipa ke arah bagian dalam pipa dan ke arah bagian luar pipa.

Sementara itu, untuk menyambungkan pipa besi tuang tanpa *nap* digunakan soket tekan (*press*) seperti yang terlihat pada gambar di samping ini.

Kita telah membahas penyambungan dua buah pipa besi tuang untuk penggunaan dalam arah garis lurus. Apabila dikehendaki penyambungan dua pipa dalam arah yang lain (*pembelokkan*) atau penyambungan tiga atau lebih pipa sekaligus

digunakan dalam fitting yang bentuknya seperti dalam gambar berikut ini.



Gambar 4.3. Bentuk-bentuk Fitting Pipa Besi Tuang

D. PIPA ASBES SEMEN DAN CARA PENYAMBUNGAN

Pipa asbes semen terbuat dari campuran asbes , semen, dan silikon. Asbes adalah serat halus dari batu alam kristal yang banyak terdapat di Kanada, Rusia, dan Afrika Selatan. Beberapa keistimewaan asbes adalah sifat-sifatnya yang tahan terhadap api, dan tahan terhadap pengaruh bahan-bahan kimia. Karena keistimewaan sifat-sifat asbes ini, pipa asbes banyak digunakan sebagai pipa air kotor , terutama untuk instalasi pipa air kotor yang menyalurkan (mengalirkan) air kotor yang banyak mengandung zat-zat kimia.

Pada umumnya, panjang pipa asbes semen yang terdapat di pasaran adalah 4 meter. Apabila instalasi pipa air kotor membutuhkan panjang pipa lebih dari 4 meter maka harus dilakukan penyambungan pipa. Untuk menyambung pipa asbes semen, digunakan fitting yang dinamakan kopeling. Terdapat dua macam kopeling yang digunakan untuk menyambung pipa asbes semen, yaitu (1) kopeling jepit dan (2) kopeling tekan.

Di dalam kopeling jepit terdapat dua seal ring dari karet dan bagian luar dua baut pengencang. Kopeling jepit banyak digunakan pada sambungan pipa yang menuntut kekakuan yang tinggi, misalnya instalasi pipa yang menggantung dan sebelum pemasangan instalasi pipa.

E. UKURAN PIPA AIR KOTOR DAN PIPA UDARANYA

Satu faktor yang perlu diperhatikan dalam perencanaan suatu instalasi pipa air kotor adalah besarnya ukuran diameter pipa air kotor dan pipa udara dari instalasi pipa tersebut. Penentuan besar diameter pipa-pipa tersebut pada hakikatnya sangat tergantung pada faktor-faktor berikut.

- Nilai unit peralatan saniter yang digunakan;
- Waktu pengaliran air kotor oleh peralatan saniter (terus-menerus atau periodik);
- Beban maksimum air kotor dalam 1/det, yang diperkirakan akan terjadi pada saat semua peralatan saniter yang terpasang di dalam bangunan terpasang.

1. Besar Nilai Unit Peralatan Saniter dan Diameter Pipa Sambungan/Cabang

Nilai unit peralatan saniter yang biasa disingkat dengan huruf SW, didefinisikan sebagai kemampuan suatu peralatan saniter untuk memproduksi air kotor dalam satuan liter/detik. Besarnya nilai unit (SW) dari beberapa saniter dan diameter pipa keluarannya serta diameter pipa sambungannya dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 4.2. Nilai SW Alat Saniter dan Diameter Pipanya

No.	Nama Alat Saniter	Nilai Unit (SW)	Diameter Pipa Keluaran	Diameter Pipa Sambungan	Diameter Pipa Udara
1	Bak Cuci Tangan	0,2	32	50	44 atau 50
2	Bak Cuci Muka				
3	Mandi dus				
4	Bak mandi rendam	1,0	50 atau 67	57	44 atau 50
5	Urinoir				
6	Mesin cuci				
7	Bak cuci piring				
8	Bidet	25	80	100	50
9	Kloset WC				
10	Mesin cuci 40kg				
11	Pengering lantai				

Adapun besarnya diameter pipa cabang tanpa pipa udara dan pipa cabang dengan pipa udara, pipa udaranya ditentukan dengan menggunakan tabel di bawah ini.

Tabel 4.3. Diameter Pipa Cabang dan Diameter Pipa Udaranya

Φ Pipa dalam mm	Pipa Tanpa Pipa Udara		Pipa dengan Pipa Udara		
	ΣSW maksimum	SW Terbesar	ΣSW maks	SW terbesar	Φ Pipa Udara
50	1,0	5,0	2,0	0,5	44/50
57	2,0	1,0	3,0	1,0	44/50
69	3,0	1,5	4,5	1,5	50
80	6,0	1,5	9,0	1,5	50
100	15,0	2,5	25,0	2,5	50

2. Diameter Pipa Tegak Lurus, Pipa Induk dan Pipa Udara

Untuk menetapkan diameter pipa tegak lurus dapat dilakukan dengan dua cara yaitu:

- 1) Ditentukan berdasarkan nilai total SW alat saniter yang terpasang ke pipa tegak lurus. Ketentuan berlaku untuk instalasi pipa air kotor yang jumlah nilai alat saniternya 60 SW.
- 2) Ditentukan berdasarkan beban maksimum air kotor alat saniter, yang terpasang ke pipa tegak lurus. Ketentuan ini diberlakukan bagi instalasi pipa air kotor yang jumlah nilai alat saniternya 60SW. Beban maksimum air kotor dimaksudkan sebagai jumlah air kotor dalam l/det, yang dihasilkan seluruh alat saniter pada saat semuanya dipakai dalam satu waktu yang bersamaan. Besarnya beban maksimum air kotor dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$V_s = 0,5 \sqrt{\sum SW}$$

Di mana : V_s = beban maksimum air kotor dalam l/det

$\sqrt{\sum SW}$ = Jumlah nilai unit alat saniter

Ini berarti nilai V_s diperoleh dari hasil perhitungan selanjutnya ditetapkan diameter pipa yang sesuai dengan nilai melalui tabel di atas untuk pipa tegak lurus dengan pipa udara primer. Tabel dibawahnya untuk pipa tegak lurus dan pipa udara di samping. Setelah itu, merupakan tabel berikut untuk pipa tegak lurus dan pipa skunder.

Tabel 4.4. Ukuran Diameter Pipa tegak Lurus dengan Pipa Udara Primer

Diameter Pipa (mm)	Jumlah maksimum yang Diijinkan				V_s dalam l/det
	ΣSW	SW Paling Besar	ΣWC	WC tiap tkt	
57	3 *	1,0	-	-	1,3
69	7	1,0	-	-	2,0
80	20	1,5	-	-	3,0
100	70	2,5	14	6	4,2
118	100	2,5	20	7	5,0
125	150	-	30	10	6,1
120	400	-	80	22	10,0

Keterangan:

* = Maks 2 alat saniter @ 1 SW

Tabel 4.5. Ukuran Diameter Pipa Tegak Lurus dengan Pipa Udara Samping

Diameter Pipa (mm)	Jumlah maks yang Diijinkan			Jumlah V_s (l/det)	Diameter Pipa Udara (mm)
	ΣSW	ΣWC	WC tiap tkt		
80	64	-	-	4,2	57
100	100	30	6	5,9	80
118	200	40	7	7,0	80
125	300	60	10	8,5	80
150	800	160	20	14,0	100

Tabel 4.6. Ukuran Diameter Pipa Tegak Lurus dengan Pipa Udara Skunder

Diameter Pipa (mm)	Jumlah maks yang Diijinkan			Jumlah Vs (l/det)	Diameter Pipa Udara (mm)
	Σ SW	Σ WC	WC tiap tkt		
80	100	-	-	5,4	57
100	240	50	8	7,6	80
118	300	75	10	9,0	80
125	500	100	15	11,0	80
150	1200	260	30	18,0	100

Sementara itu besarnya diameter pipa induk suatu instalasi pipa air kotor ditetapkan berdasarkan beban maksimum air kotor (Vs) yang akan ditampung oleh pipa induk itu tersebut dan kemiringan peletakan pipanya. Besarnya Vs dihitung berdasarkan rumus di atas, sedang ukuran diameter pipa induk ditetapkan berdasarkan tabel berikut ini.

Tabel 4.7. Ukuran Diameter Pipa Induk

Diameter Pipa (mm)	Jumlah Vs kemiringan peletakan pipa induk					
	1%	1,5%	2%	3%	4%	5%
80	2,8	3,4	4,0	4,9	5,6	6,3
100*	2,0	6,2	7,2	8,9	10,2	11,5
118*	8,0	9,8	11,3	13,1	16,0	17,9
125	9,2	11,3	13,1	16,0	18,6	20,8
150	15,0	18	21,3	26,1	30,2	33,8
187	27,0	33,1	38,1	47,0	54,3	60,8
200	32,3	39,7	45,8	56,2	64,9	72,6
150	58,4	71,7	82,8	101,6	117,3	131,2
300	94,7	116,2	134,2	164,6	190,1	212,6

Keterangan:

* Diameter paling rendah yang dianjurkan

** Diameter yang diharuskan jika ada sambungan langsung WC

3. Ukuran Pipa Talang (Air Hujan)

Seperti sudah diterangkan dalam penjelasan air hujan yang terdahulu, air hujan yang jatuh ke atap bangunan adalah juga air kotor yang dapat merusak bangunan. Oleh karena itu, agar air hujan yang jatuh ke atap bangunan dapat disalurkan dengan baik, maka besarnya diameter pipa talang harus direncanakan dengan baik. Kesalahan dalam menetapkan diameter pipa talang dapat mengakibatkan terjadinya peluapan air hujan, terutama pada saat hujan lebat turun. Penentuan besarnya diameter pipa talang pada hakikatnya tergantung dari faktor-faktor berikut ini:

- 1) Keadaan curah hujan di daerah di mana bangunan tersebut berdiri.
- 2) Koefisien pengaliran air (∞), yang besarnya ditentukan oleh bentuk atap dan bahan atap yang dipakai.
- 3) Luas atap yang air bangunannya akan ditampung oleh pipa talang.

Besarnya curah hujan di suatu daerah dapat diketahui dari daftar curah hujan yang dikeluarkan oleh Direktorat Meteorologi dan Geofisika, Departemen Perhubungan. Sedangkan koefisien pengaliran air (∞) dari berbagai konstruksi atap dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 4.8. Koefisien Pengaliran Air (∞) dari Berbagai Konstruksi Atap

Bentuk dan Konstruksi Atap	∞
1. Atap miring dengan penutup atap dari: <ul style="list-style-type: none"> • Asbes, semen, batu alam • Seng, aluminium, fiber gelas • Genteng (tanah liat, semen) 	1,0
2. Atap datar dengan penutup atap dari: <ul style="list-style-type: none"> • Pelat seng, pelat tembaga • Plastik tanpa tutup pelindung 	
3. Atap datar dengan penutup atap dari plastik atau aspal dengan pelindung dari: <ul style="list-style-type: none"> • Kerikil • Ubin 	0,8
4. Balkon dan jalan dengan ubin keras	

Bentuk dan Konstruksi Atap	∞
5. Atap datar dengan penutup atap dari aspal dengan plindung dari: <ul style="list-style-type: none"> • Pasir • Kerikil 	0,6

Sementara itu, besarnya luas atap yang akan ditampung air hujannya dapat dihitung dari luas proyeksi horizontal dari atap tersebut. Selanjutnya setelah luas atap diketahui, dihitung beban air hujan yang dihasilkan oleh atap tersebut dengan rumus berikut.

$$V = A \infty r \dots\dots\dots \text{l/det}$$

- Di mana: V = beban air hujan yang dihasilkan atap
 A = Luas proyeksi horizontal atap dalam m²
 ∞ = Koefisien pengaliran air atap
 r = Keadaan curah hujan dalam l/det.m²

Kemudian berdasarkan hasil perhitungan beban air hujan atap ditetapkan besarnya diameter pipa talang dengan menggunakan tabel berikut.

Tabel 4.9. Ukuran Diameter Pipa Talang (air hujan)

Diameter Pipa (mm)	Luas Atap yang Dihitung untuk				V dalam l/det
	$\infty = 1,0$	$\infty = 0,8$	$\infty = 0,6$	$\infty = 0,3$	
57	50	-	-	-	2,0
69	90	110	150	300	3,6
80	120	150	200	400	4,9
100	220	275	365	735	8,9
118	320	400	535	1065	12,9
125	395	495	660	1315	16,0

BAB V

PERALATAN SANITASI

A. BATASAN DAN MANFAAT SANITASI

Sanitasi (*sanitation*) berarti pemeliharaan kesehatan. Dalam teknik bangunan gedung, sanitasi adalah usaha penyaluran atau pembuangan, zat cair yang membahayakan kesehatan atau mengganggu lingkungan. Pada umumnya, zat cair yang akan disalurkan atau dibuang hingga aman, itu bisa berupa:

1. *Air Hujan*

Air hujan yang jatuh di daerah pemukiman harus diatur penyalurannya sehingga tidak akan menimbulkan genangan di daerah pemukiman, tersebut.

2. *Air Najis*

Telah diketahui bersama bahwa kotoran najis baik berasal dari manusia maupun hewan banyak mengandung jasad-jasad yang dapat menimbulkan penyakit perut sehingga harus diamankan menurut cara-cara tertentu.

3. *Air Bekas dari Industri-industri*

Air bekas dari industri jika masih mengandung zat-zat kimia yang beracun, sebelum dibuang ke sungai harus diolah dahulu. Zat-zat kimia mungkin dapat meracuni kehidupan dalam air, mematikan tanaman-tanaman, mengotori air tanah sehingga mengotori sumur penduduk dan efek negatif lainnya.

4. *Air Tanah atau Air Permukaan*

Air tanah yang tinggi kadang-kadang perlu diturunkan, misalnya untuk membuat lapangan sepakbola, lapangan kapal terbang, dan lain-lain. Cara penurunan air tanah ini termasuk bidang drainase.

Air permukaan yang selalu tergenang, seperti rawa-rawa, ada kalanya mengganggu karena merupakan tempat berkembang biaknya nyamuk. Dengan demikian rawa harus dikeringkan atau dimanfaatkan dengan mengusahakan perbaikan-perbaikan.

Manfaat sanitasi adalah:

- 1) Kelestarian lingkungan dapat dipertahankan atau setidaknya dapat dikendalikan dari kerusakan-kerusakan dan pencemaran.
- 2) Kesehatan lingkungan dapat dipertahankan atau setidaknya dapat dikendalikan dari kerusakan-kerusakan dan pencemaran.
- 3) Bahan-bahan buangan dapat dimanfaatkan.

Pengertian-pengertian yang berkaitan dengan sanitasi adalah sebagai berikut.

- 1) Air buangan semua cairan yang dibuang.
- 2) Air buangan industri: air buangan proses dari industri yang tidak mengandung kotoran manusia.
- 3) Air limbah: semua jenis air buangan yang mengandung kotoran manusia, binatang atau tumbuh-tumbuhan. Air buangan tersebut yang mengandung buangan industri dan buangan kimia dapat juga disebut air limbah.
- 4) Air kotoran: air limbah yang hanya mengandung kotoran manusia. Air minum: air yang dibenarkan untuk diminum, dimasak, dan keperluan rumah tangga lainnya.
- 5) Bak cuci: bak yang digunakan untuk mencuci yang pada umumnya ditempatkan di dapur, laboratorium, industri, dan tempat yang lainnya.
- 6) Bak cuci tangan: bak yang hanya digunakan untuk cuci tangan dan muka.
- 7) Pipa air buangan: pipa yang hanya menyalurkan buangan cairan tanpa kotoran manusia.
- 8) Pipa air kotoran: pipa yang mengalirkan air limbah berisi kotoran manusia.
- 9) Riol: pipa yang digunakan untuk menyalurkan air limbah.
- 10) Riol gedung: bagian dari sistem drainase yang membentang dan ujung saluran pembuangan gedung dan menyalurkan buangannya ke saluran pembuangan kota, pribadi, sistem pembuangan air limbah pribadi atau tempat pembuangan lainnya.
- 11) Riol gedung gabungan: riol gedung yang mengalirkan air limbah dan air hujan.

- 12) Riol gedung air hujan: riol gedung yang hanya menyalurkan air limbah dan air hujan.
- 13) Riol gedung saniter: riol gedung yang hanya mengalirkan air hujan.
- 14) Riol kota: riol yang disediakan untuk umum.
- 15) Saluran pembuangan gedung: bagian jaringan pipa terendah dari sistem drainase yang menerima air buangan dari pipa air kotor, air buangan dan pembuangan lainnya di dalam gedung dan mengalirkannya ke riol gedung.
- 16) Saluran pembuangan gedung gabungan: saluran pembuangan gedung yang hanya menyalurkan air limbah.
- 17) Saluran pembuangan gedung air saniter: saluran pembuangan yang hanya menyalurkan air limbah.
- 18) Saluran pembuangan gedung air hujan: saluran pembuangan yang hanya menyalurkan air hujan.
- 19) Saluran pengering bawah tanah: saluran yang dipasang di bawah/ di dalam tanah untuk mengeringkan dan mengalirkan air rembesan ke tempat pembuangan.

B. ALAT SANITASI (PERANGKAT SANITER)

Setiap bangunan yang dihuni manusia, baik itu rumah tinggal, pertokoan, perhotelan, kantor-kantor, sekolah-sekolah ataupun bangunan industri dan bengkel selalu harus dilengkapi dengan peralatan sanitasi (*sanitary fixtures*). Peralatan saniter dapat diidentifikasi sebagai semua peralatan yang dipasang pada awal instalasi pipa air kotor. Peralatan ini berfungsi sebagai wadah untuk menerima air kotor atau air pembawa kotoran (pembilas kotoran) yang dihasilkan oleh manusia. Selain itu, peralatan saniter berfungsi juga sebagai alat untuk membawa air kotor dan/atau air pembawa kotoran ke dalam instalasi pipa air kotor.

Secara umum peralatan saniter dapat dikelompokkan dalam tiga kelompok utama, yaitu (1) peralatan saniter kelompok perawatan badan (tubuh) manusia, (2) peralatan saniter kelompok penampung dan pengalir kotoran tubuh manusia, dan (3) peralatan saniter kelompok masak dan cuci.

Peralatan saniter yang termasuk dalam kelompok perawatan badan manusia antara lain bak cuci tangan/muka (wastafel), bidet, alat mandi, dan bak mandi rendam. Peralatan saniter kelompok penampung dan pengalir air kototan tubuh manusia antara lain: urinal (peturasan) dan kloset (WC). Sedangkan peralatan saniter kelompok masak dan cuci antara lain: bak cuci piring, bak cuci, dan mesin pencuci.

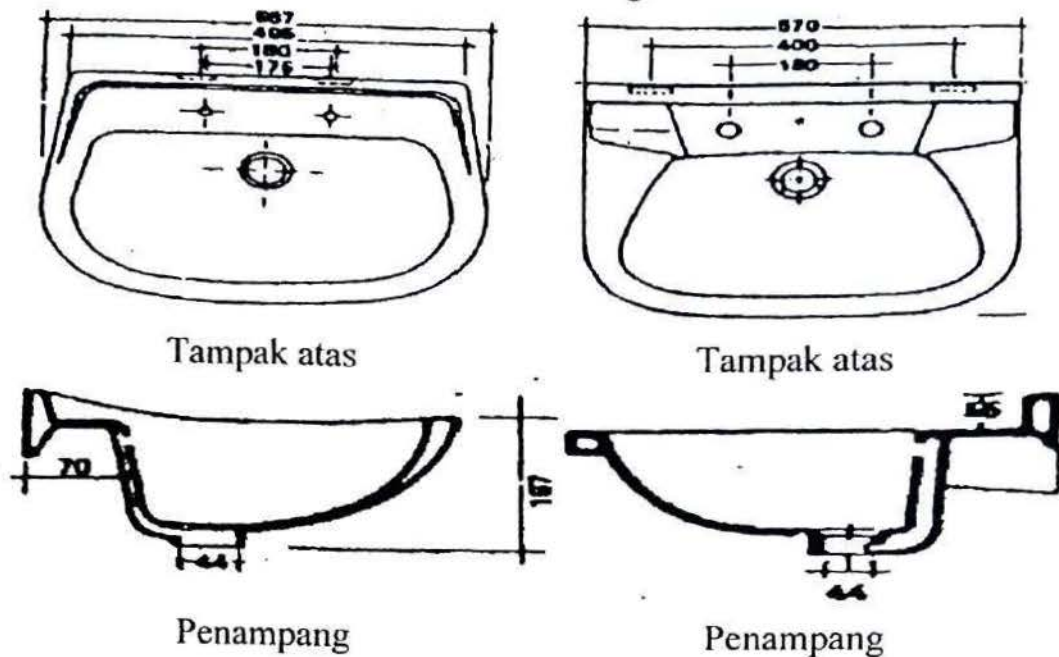
Pada waktu pemasangan peralatan saniter pada instalasi pipa plambing perlu diperhatikan agar peralatan saniternya tampak menarik dan dalam keadaan bersih, dan higienis. Oleh karena itu, perlu diperhatikan agar alat saniternya mudah dibersihkan. Selain itu perlu pula diperhatikan agar bentuk peralatan saniternya sederhana dan sesuai dengan kondisi ruangan di mana alat saniter dipasang. Untuk itu, perlu diperhatikan bahan dasar yang digunakan dalam pembuatan peralatan saniter tersebut.

Untuk menetapkan jenis bahan dasar yang akan digunakan untuk pembuatan peralatan saniter, kita perlu memperhatikan agar barang-barang tersebut (1) tidak menyerap air (sedikit sekali menyerap air), (2) mudah dibersihkan dari kotoran, (3) tidak mudah berkarat, (4) relatif mudah diproduksi, dan (5) mudah dipasang.

Berdasarkan persyaratan tersebut ada tiga macam bahan yang dianjurkan sebagai bahan dasar pembuatan alat saniter yaitu keramik, metal, dan plastik. Dari ketiga bahan dasar pembuatan alat saniter ini, bahan keramik adalah bahan dasar yang paling banyak digunakan untuk pembuatan peralatan saniter. Dalam hal ini, bahan keramik memiliki beberapa kelebihan jika dibanding dengan bahan dasar lain, yaitu (1) mudah dipelihara kebersihannya; (2) mempunyai daya tahan yang kuat untuk melawan sebagian besar bahan pencuci (pembersih); (3) sangat higienis karena tidak berpori dan tidak ada ruang yang dapat dipakai sebagai tempat bersarangnya kuman (bakteri); serta (4) permukaannya Hein dan dapat diberi warna yang menarik.

C. PERALATAN SANITER PERAWATAN BADAN BAGIAN ATAS

Peralatan saniter digunakan untuk mencuci bagian-bagian badan sebelah atas seperti tangan, muka, kepala (rambut), mulut (gigi), dan bagian-bagian atas disebut bak cuci atau wastafel. Secara umum wastafel digambarkan sebagai berikut.



Gambar 5.1. Wastafel

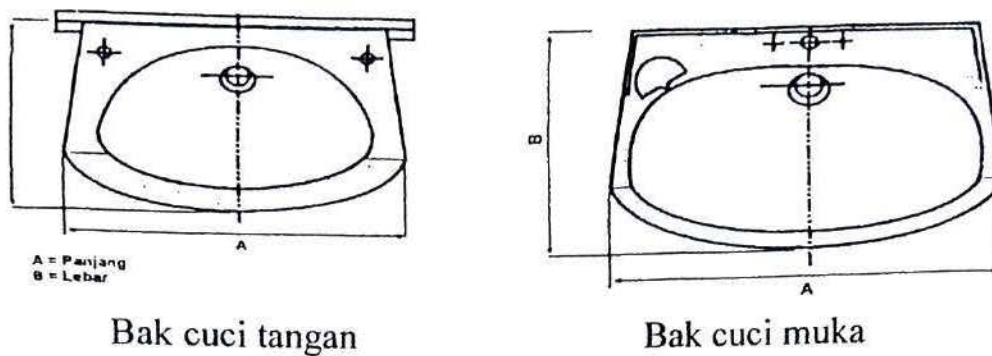
Dari segi penggunaannya bak cuci atau wastafel dapat dibedakan menjadi dua bak cuci tangan dan bak cuci muka. Bak cuci tangan hanya digunakan untuk mencuci tangan. Tetapi, bak cuci muka selain digunakan untuk mencuci tangan, digunakan juga untuk mencuci muka, rambut (kepala), mulut (sikat gigi), dan bagian-bagian badan sebelah atas yang lain.

Sesuai dengan penggunaannya, bak cuci tangan pada umumnya ditempatkan di ruangan khusus WC atau WC umum dan di rumah makan atau restoran. Sementara itu bak cuci muka pada umumnya banyak dipakai di kamar mandi hotel dan kamar mandi rumah tinggal tipe besar.

Selain perbedaan di atas, perbedaan lain antara bak cuci tangan, bak cuci muka adalah dalam hal ukuran bak cucinya. Bak cuci tangan pada umumnya diproduksi dengan ukuran panjang

antara 350 mm sampai 500 mm dan ukuran lebar antara 250 mm sampai 340 mm.

Adapun ukuran bak cuci muka pada umumnya dibuat dengan pan-Nang antara 550 mm sampai 710 mm dan lebar antara 410 mm sampai 590 mm.

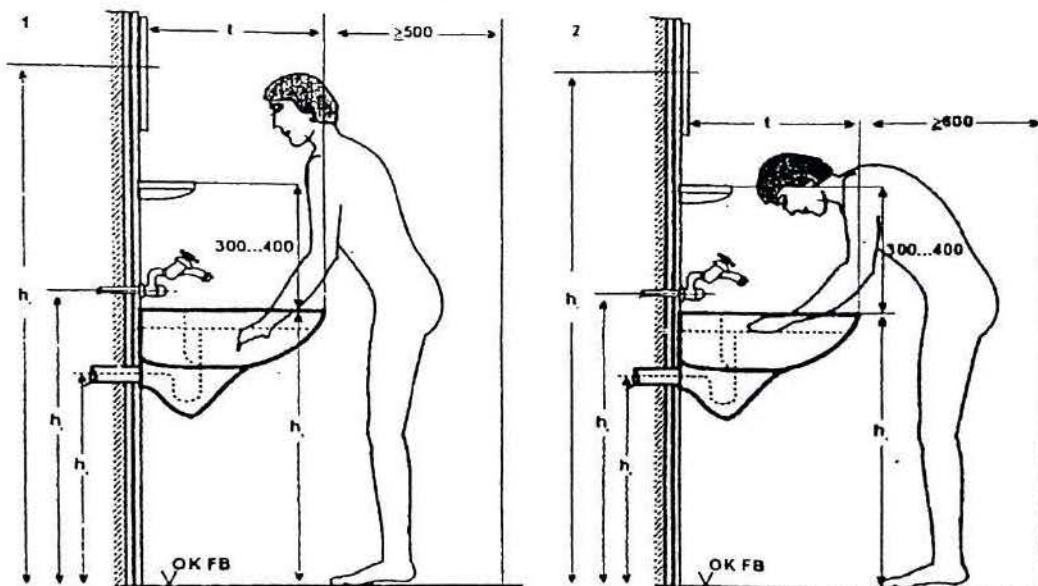


Bak cuci tangan

Bak cuci muka

Gambar 5.2. Bak cuci tangan dan bak cuci muka

Agar bak cuci tangan atau bak cuci muka dapat digunakan secara optimal, maka pada waktu pemasangannya, perlu diperhatikan tinggi pemasangan alat saniternya dari lantai dan luas ruangan yang dibutuhkan. Besarnya tinggi pemasangan bak cuci tangan atau bak cuci muka ditetapkan berdasarkan ukuran tubuh dari orang yang akan menggunakan kedua alat saniter tersebut.



Gambar 5.3. Tinggi pemasangan bak cuci tangan/muka.

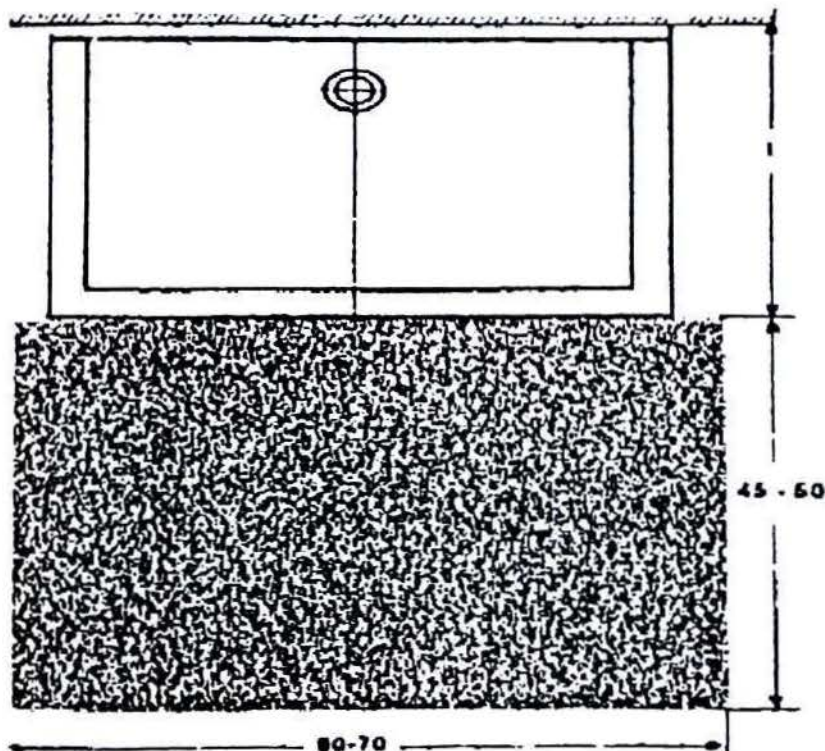
Besarnya tinggi pemasangan bak cuci tangan/muka (h_1) dapat di hitung dengan rumus "Fearich" sebagai berikut.

$$h_1 = 0,482 H + S$$

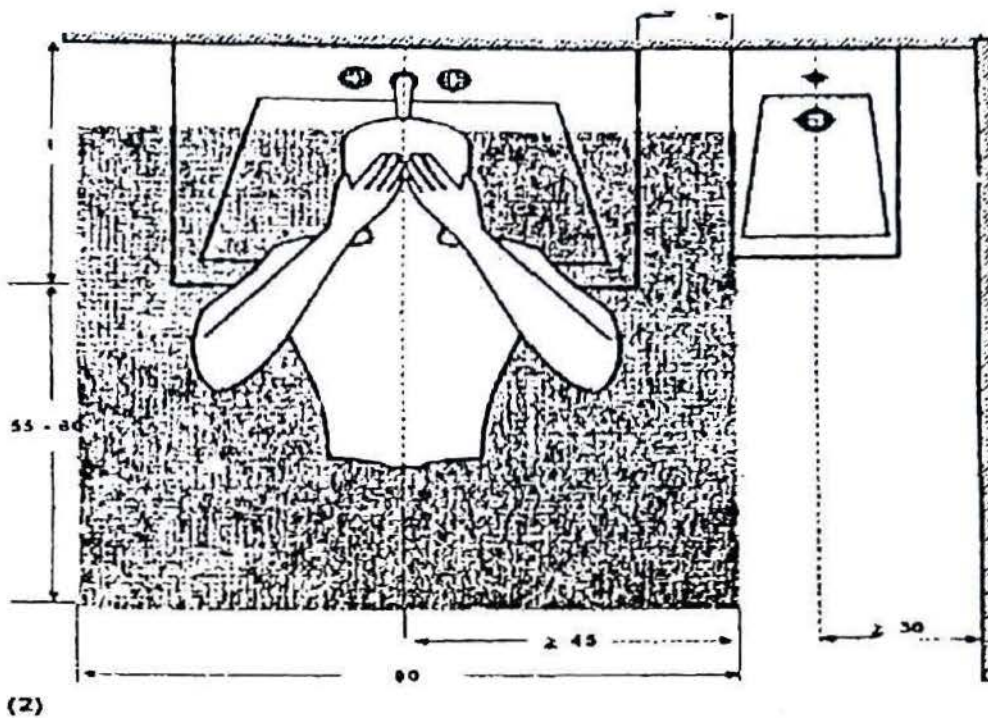
Di mana: H = tinggi rata-rata orang dewasa untuk Indonesia antara 1,60 m sampai 1,70 m

S = tinggi rata-rata sol sepatu

Sementara itu, besarnya ukuran ruangan yang diperlukan untuk bak cuci tangan dan bak cuci muka ditentukan berdasarkan besarnya kebutuhan ruangan untuk gerakan tubuh dari orang, yang akan menggunakan alat saniternya. Bak cuci tangan untuk orang dewasa, misalnya memerlukan ruang gerak dengan panjang antara 600 mm sampai 700 mm dan lebar 450 mm sampai 500 mm. Namun demikian, ruang gerak untuk bak cuci muka orang dewasa memerlukan panjang 900 mm dan lebar 550 mm sampai 600 mm. Secara visual, besarnya ruang gerak kedua alat saniter, tersebut dapat dilihat dalam gambar berikut.

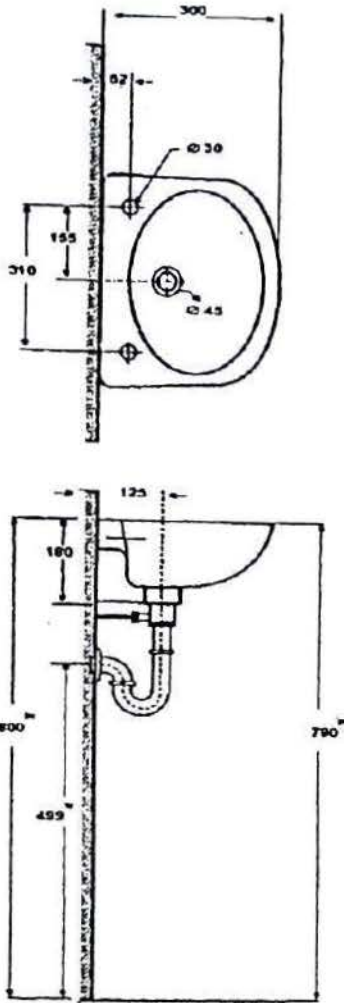


Gambar 5.4. Ukuran ruang gerak bak cuci tangan

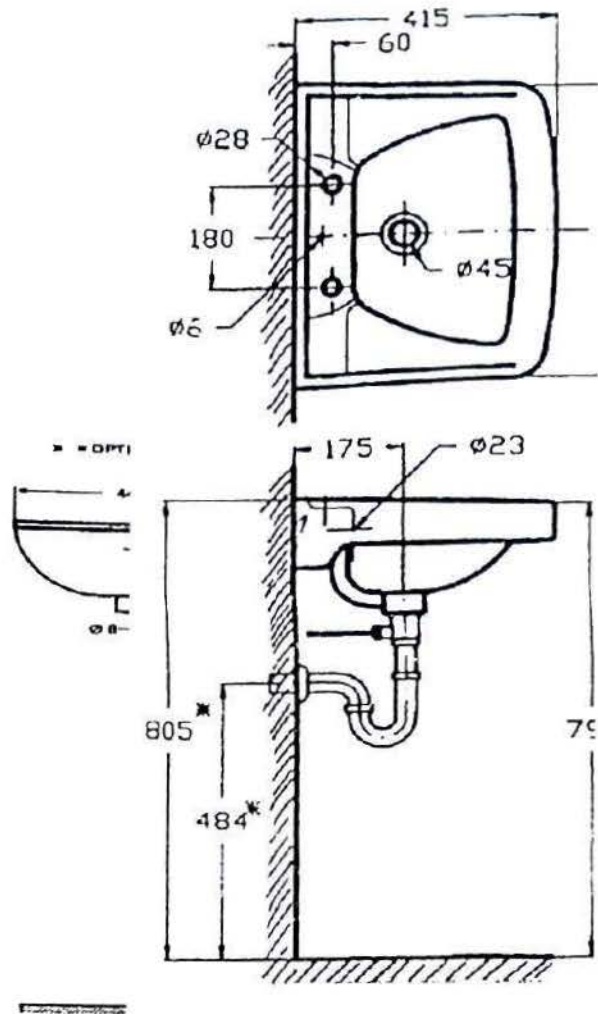


Gambar 5.5. Ilustrasi ruang gerak bak cuci tangan

Selanjutnya sebagai ilustrasi, berikut diberikan contoh dari tinggi pemasangan dan ukuran bak cuci tangan tipe Studio 45 buatan PT KIA Indonesia.

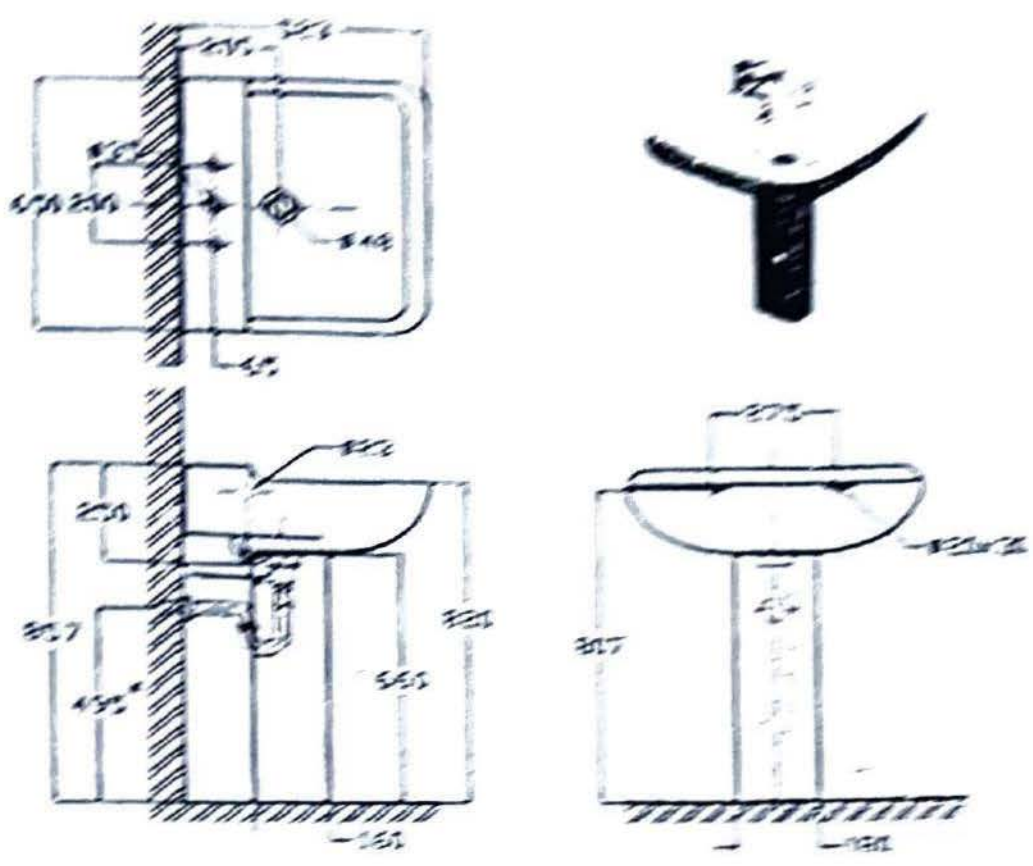


Gambar 5.6. Tinggi pemasangan dan ukuran bak cuci tangan tipe studio 35 produksi PT KIA Indonesia



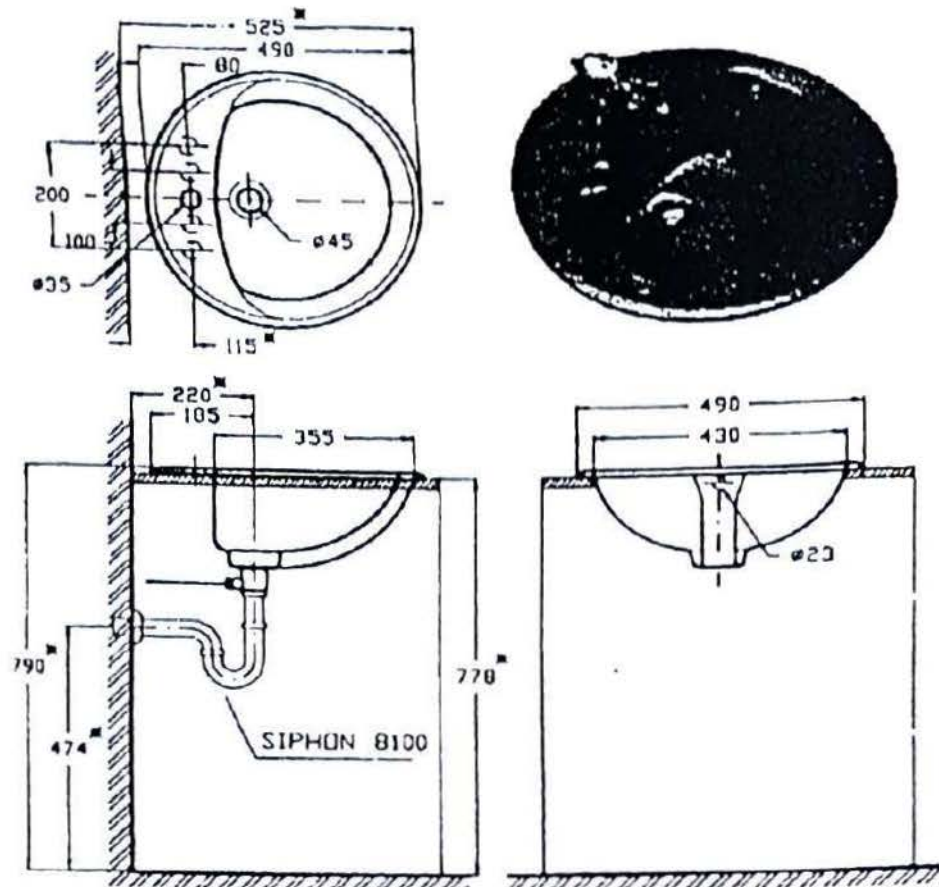
Gambar 5.7. Tinggi pemasangan dan ukuran bak cuci muka dinding tipe "Susan" produksi PT KIA

Ukuran tinggi pemasangan bak cuci muka besarnya tergantung pada cara pemasangan bak cucinya. Bagi bak cuci muka yang dipasang menumpu di lantai atau yang biasa disebut bak cuci muka "pedestal", contoh tinggi pemasangannya dan ukuran-ukurannya yang lain dapat dilihat pada gambar berikut.

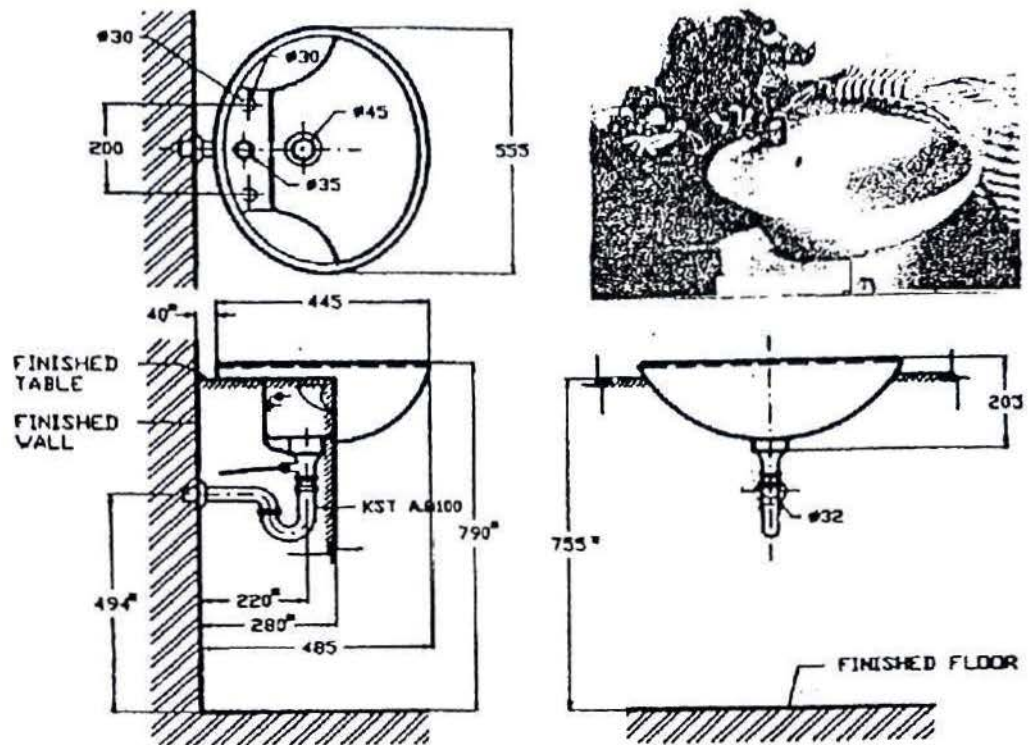


Gambar 5.2. Tinggi pemasangan dan ukuran bak cuci muka pedewan tipe "Concrete" produksi PT KLA Indonesia

Dalam hal ini, bak cuci muka yang dipasang meja dan bak cuci muka yang menggantung di dinding. Contoh tinggi pemasangan dan ukuran-ukuran yang lain berurut-urut dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 5.9. Tinggi pemasangan dan ukuran bak cuci muka meja tipe "Rondalin" buatan PT KIA Indonesia.



Gambar 5.10. Tinggi pemasangan dan ukuran bak cuci muka ½ meja tipe “tulip” produksi PT. KIA Indonesia

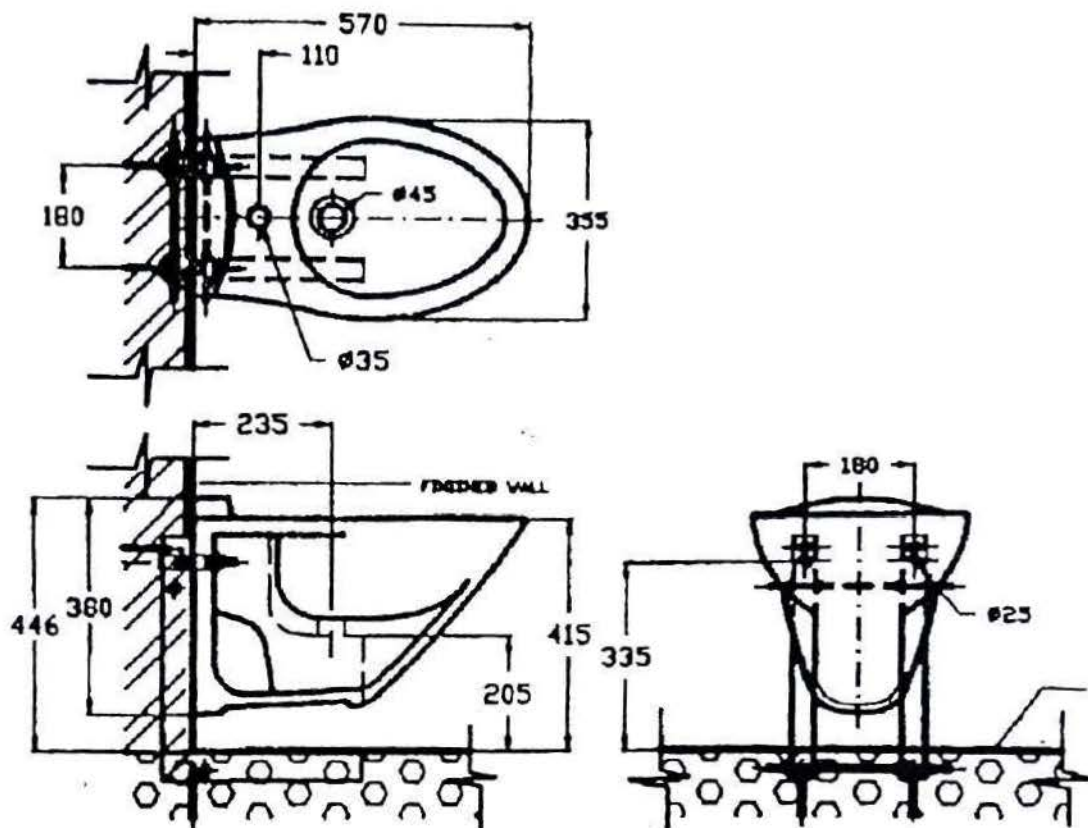
D. PERALATAN SANITER UNTUK PERAWATAN BADAN BAGIAN BAWAH

Salah satu peralatan saniter termasuk dalam kelompok perawatan badan bagian bawah adalah bidet. Kata bidet berasal dari kata *"bide"* dalam bahasa Perancis yang mempunyai arti kuda kecil. Pemberian nama bidet untuk alat saniter ini dihubungkan dengan bentuk dan cara orang menggunakan bidet yang mirip seperti orang duduk di atas kuda kecil.

Bidet pertama kali digunakan pada pertengahan abad ke-16 di Perancis dan Inggris. Salah satu bidet sudah berumur ± 200 tahun adalah yang terdapat di Museum Perancis. Bentuk Bidet ini mirip seperti sebuah kursi malas dengan bak cuci pada alas duduknya. Sesuai dengan fungsinya, bidet digunakan untuk mencuci kaki, pangkal paha, dan alat kelamin wanita sehabis buang air kecil. Bidet pada umumnya terbuat dari porselen atau keramik.

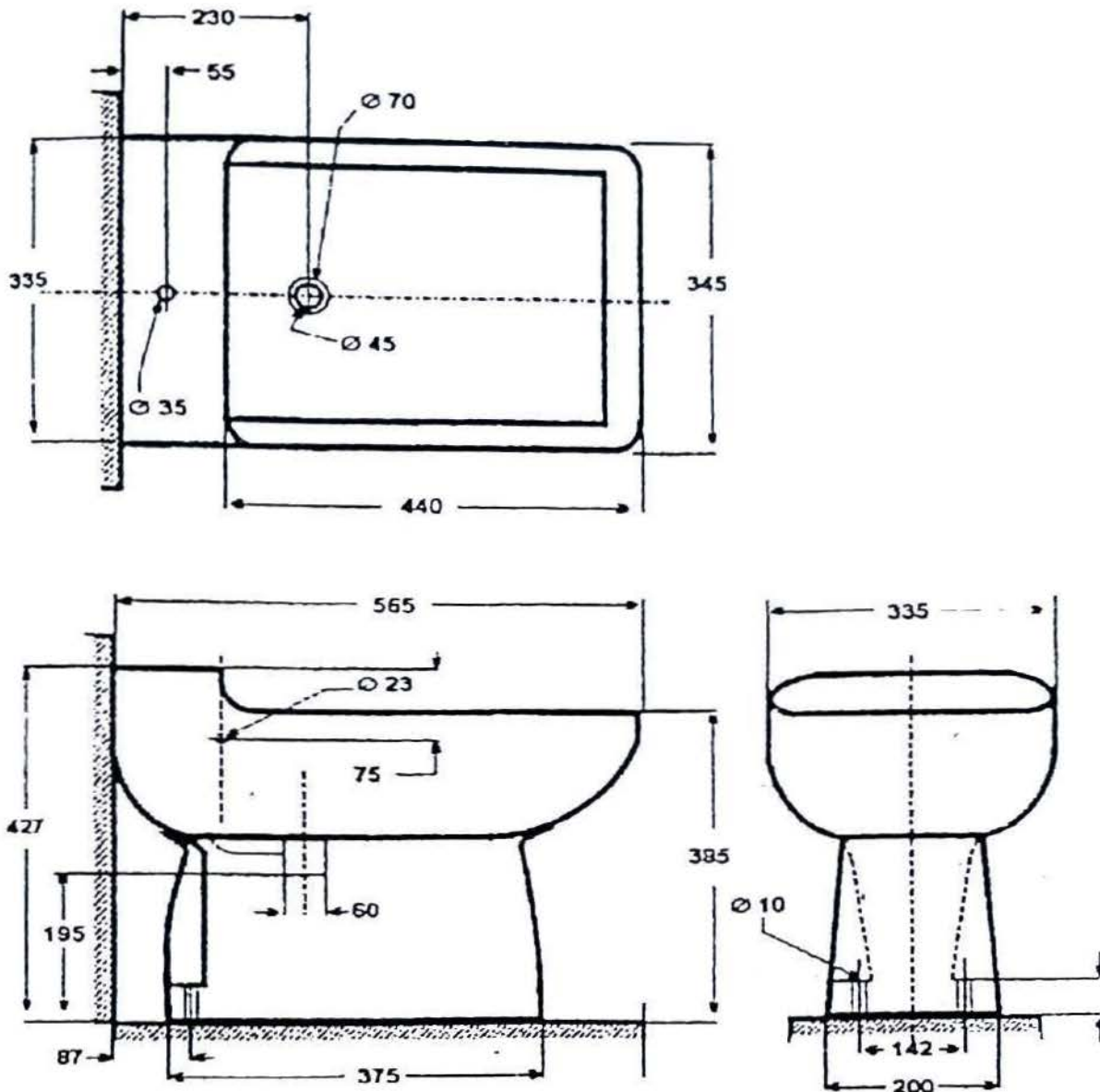
Berdasarkan cara pemasangannya dikenal dua macam bidet, yaitu bidet yang menggantung di dinding, dan bidet yang menumpu di lantai.

Salah satu contoh bidet yang menggantung di dinding yang terdapat di pasaran adalah bidet "Laguna" produksi PT KIA Indonesia yang ukuran dan tinggi pemasangannya seperti pada gambar berikut ini.



Gambar 5.11. Ukuran dan tinggi pemasangan bidet "Laguna" produksi PT KIA Indonesia.

Adapun contoh bidet yang menumpu di lantai dan banyak terdapat di pasaran adalah bidet "Concord" produksi PT KIA Indonesia. Ukuran dan tinggi pemasangannya dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 5.12. Bentuk, ukuran, dan tinggi pemasangan bidet "Concord", produksi PT KIA Indonesia

E. PERALATAN SANITER UNTUK PERAWATAN SELURUH BADAN

Mandi merupakan salah satu cara saniter untuk perawatan seluruh badan telah banyak diketahui manfaatnya. Umumnya mandi dilakukan minimal dua kali sehari. Hal tersebut dilaksanakan oleh masyarakat. Selain itu, mandi telah pula dianggap menjadi bagian dari pemeliharaan kesehatan, terutama

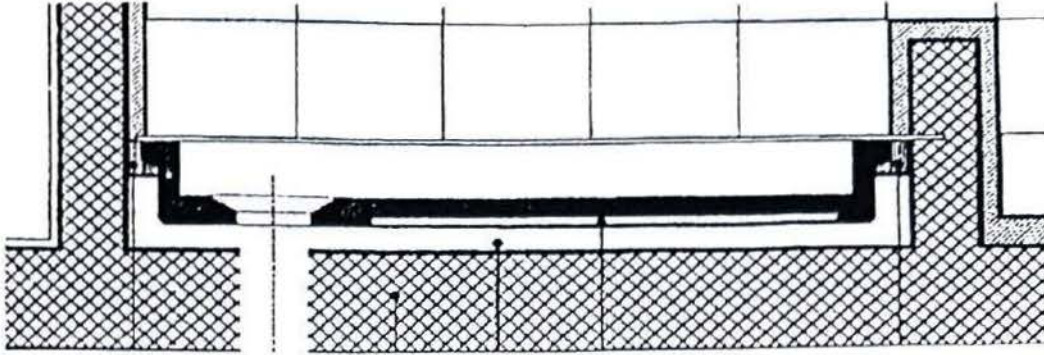
perawatan kesehatan seluruh badan. Oleh karena itu, peralatan saniter untuk perawatan seluruh badan dapat diidentikkan dengan peralatan saniter untuk mandi. Terdapat dua macam peralatan saniter untuk mandi, yaitu (1) mandi susu dan (2) bak mandi berendam.

1. Mandi Dus (Pancuran)

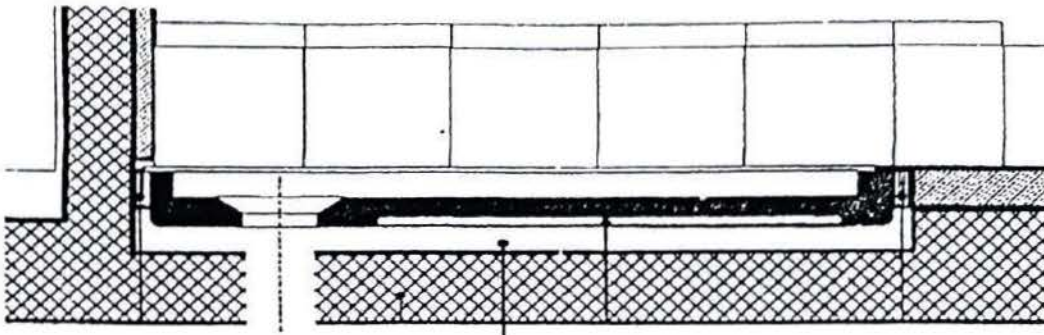
Kata *dus* yang terdapat dalam istilah mandi, berasal dari kata Latin "*ducia*" yang berarti air pancur. Dari pengertian istilah tersebut, mandi dus dapat diartikan sebagai mandi di bawah pancuran. Pengertian ini sejalan pula dengan perlengkapan mandi dus yang terdiri dari (1) pancuran mandi dan (2) bak mandi dus. Pancuran mandi adalah suatu alat tempat berasalnya air yang akan dipakai mandi. Apabi la dilihat dari cara peinasangannya, pancuran mandi dibedakan atas (1) pancuran mandi yang dipasang tetap pada dinding (*fixed shower*) dan (2) pancuran mandi pegang yang disambungkan dengan pipa fleksibel (*hand shower*). Bak mandi dus berbentuk empat persegi dan dibuat dari pelat baja atau besi tuang yang dilapis email, plexy gas, keramik atau batu buatan (*acrylic*).

Tempat mandi dus pada umumnya dibangun/dipasang dalam rumah tinggal untuk keluarga yang kecil atau sebagian tempat mandi tambahan di samping bak mandi rendam (*bath up*) dalam rumah tinggal yang besar atau kamar mandi dalam kamar hotel. Tempat mandi dus lebih banyak disukai jika dibandingkan dengan bak mandi rendam. Alat ini karena mandi dus mempunyai keuntungan (1) lebih sedikit membutuhkan ruang bangunan, (2) lebih hemat menggunakan air bersih, dan (3) waktu yang digunakan untuk mandi lebih cepat.

Dikenal dua macam pemasangan bak mandi dus, yaitu : (1) dipasang di atas lantai dan (2) dipasang di bawah lantai.

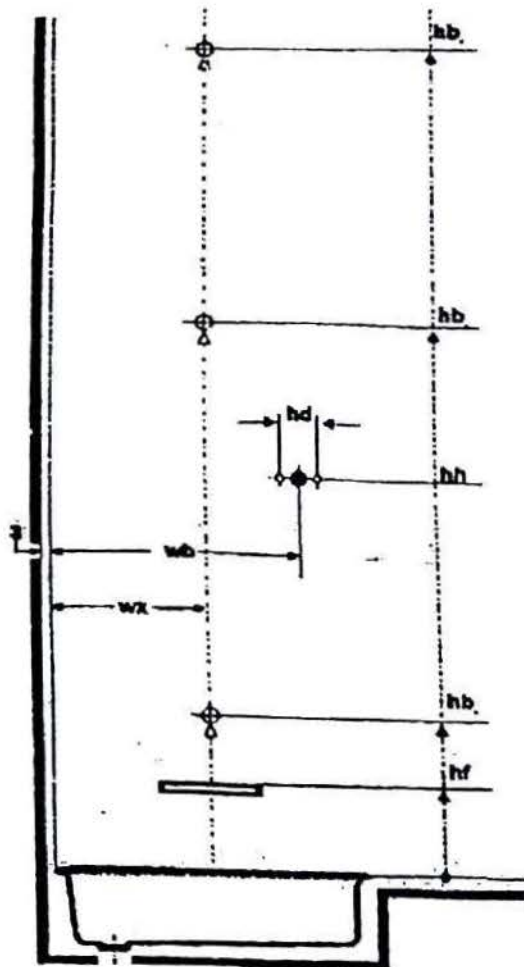


Gambar 5.13. Bak mandi dus dipasang di atas lantai.



Gambar 5.14. Bak mandi dus dipasang di bawah lantai

Tinggi pemasangan peralatan mandi dus (pancuran dan stop keran) tergantung dari ukuran tinggi orang yang menggunakannya. Akan tetapi, tinggi pemasangan peralatan tersebut dapat diukur dari lantai dan disesuaikan dengan ketentuan seperti pada gambar di samping ini. Adapun ukuran-ukuran tinggi pemasangan alat tersebut dapat diambil pada tabel berikut ini.



Tabel 5.1. Tinggi pemasangan alat mandi dus

Pemasangan bak mandi dus ditinjau dari lantai		
Di atas	Di bawah	Di bawah 10-12 cm
40-45	30-35	25-30
100-115	100-115	100
55-60	45-50	40-45
160-165	160-165	145-150
190	186-190	175-180
40-45	40-45	40-45
60	60	60

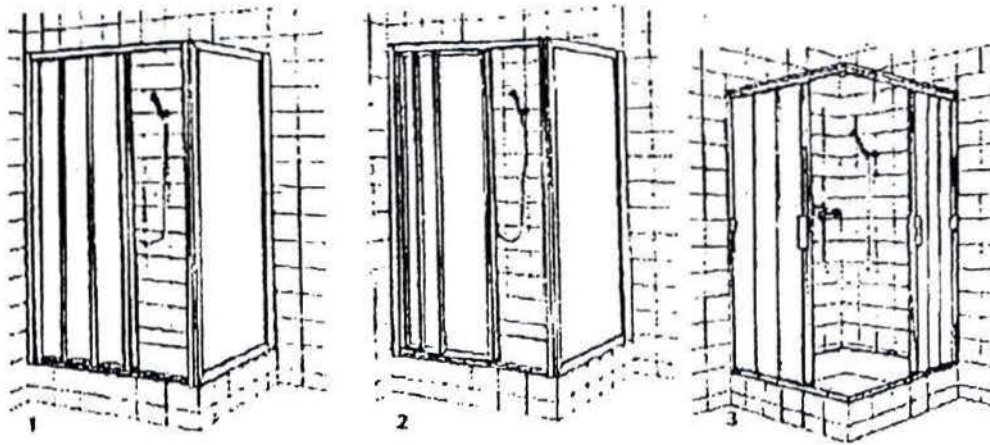
Keterangan:

- ht = tinggi sandaran untuk kaki
- hb = tinggi keran putaran air
- hbl = tinggi pancuran untuk kaki
- hb2 = tinggi pancuran untuk badan
- hb3 = tinggi pancuran untuk kepala
- wx = jarak gantungan pancuran dengan dinding
- wb = jarak keran putar air dengan dinding

Gambar 5.15. Ketentuan tinggi pemasangan alat mandi dus.

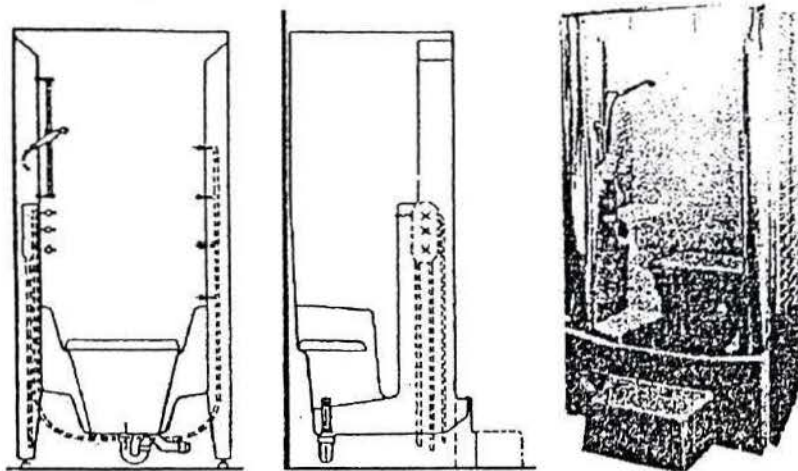
Untuk menjaga air agar pancuran ketika sedang dipakai mandi tidak berpercaran keniana-mana, tempat mandi dus ditutup dengan dinding. Terdapat tiga macam dinding tempat mandi dus, yaitu (1) dinding gorden plastik, (2) dinding fiber gelas, dan (3) dinding berbentuk kabin. Bentuk dinding gorden plastik dapat dilihat pada gambar di samping ini.

Berdasarkan bentuk konstruksinya dinding fiber gelas dikenal dengan tiga jenis, yaitu (1) dinding fiber gelas fix (kaku) dengan pintu lipat, (2) dinding fiber gelas dengan pintu sorong, dan (3) dinding fiber gelas berbentuk pintu sorong membuka dan sudut.



Gambar 5. 16. Dinding mandi dus dengan fiber gelas

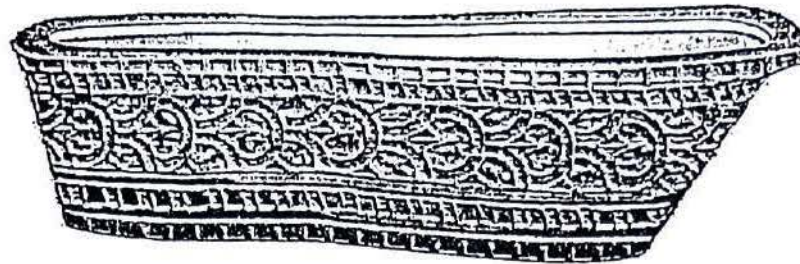
Sementara itu dinding mandi dus berbentuk kabinet dapat dilihat dalam gambar berikut.



Gambar 5.17. Dinding mandi dus dengan bentuk kabin.

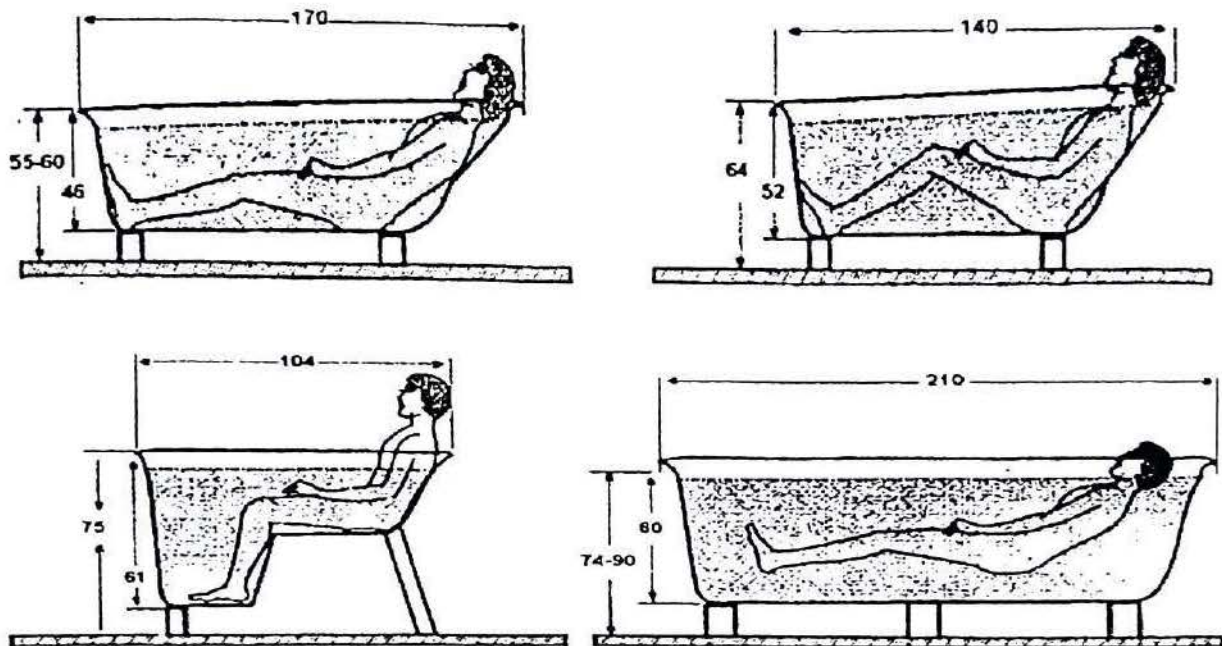
2. Bak Mandi Rendam (Bath Tub)

Peralatan saniter untuk perawatan seluruh badan yang lain adalah bak mandi rendam (*bath tub*). Mandi dengan menggunakan bak mandi rendam sudah lama dikenal dalam peradaban manusia. Hal itu terbukti dengan ditemukannya bak mandi rendam dari istana Minos Raja Knossos, yang terletak 5 km di selatan Heraklion, Pulau Kreta. Bak mandi ini diduga telah digunakan antara 1800-1450 sebelum Masehi. Adapun bentuk dari bak mandi itu dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 5.18. Bak mandi rendam dari istana Minos, Raja Knossos

Dewasa ini bak mandi rendam telah banyak digunakan di rumahrumah tinggal ukuran besar dan kamar-kamar hotel. Bak mandi rendam dibuat dari bahan pelat baja yang dilapisi email, plastik (akrilik atau pollster), dan marmer. Bak mandi rendam pada umumnya diproduksi dalam 4 kategori besaran ukuran yaitu (1) bak mandi rendam normal, (2) bak mandi rendam pendek, (3) bak mandi rendam bertingkat, dan (4) bak mandi rendam besar. Agar lebih jelas perhatikan gambar berikut.

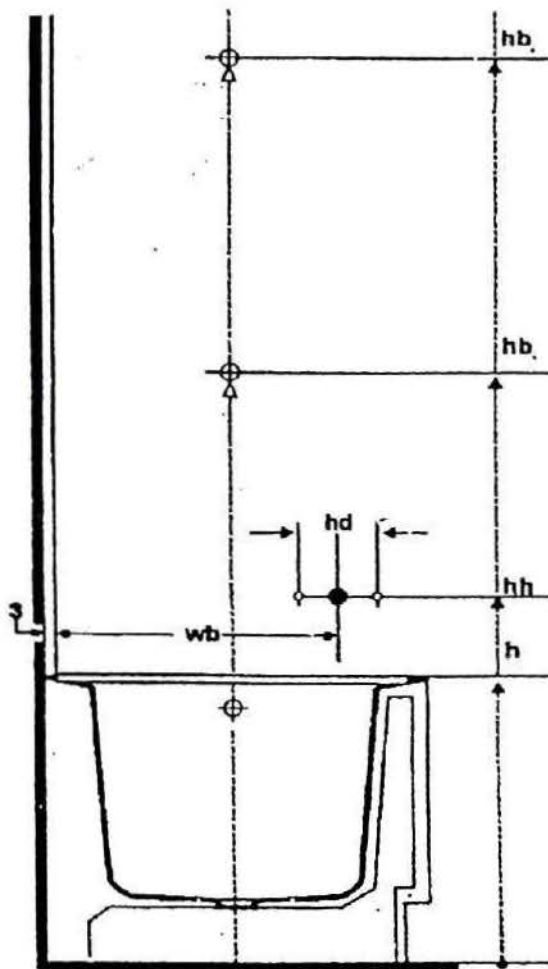


Gambar 5.19. Kategori besaran ukuran bak mandi rendam.

Pada pemasangan bak mandi rendam harus dilengkapi dengan peralatan, seperti (1) kran untuk bak mandi dan pancuran (*bath dan shower*), (2) pancuran pegang (*hand shower*), (3) pipa (selang) fleksibel 150 cm, (4) gantungan pancuran pegang, dan (5)

pegangan tangan. Pemasangan peralatan-peralatan tersebut hendaknya memerhatikan ketelitian seperti yang terdapat pada Gambar 4.20.

Adapun ukuran-ukuran pemasangan (bak mandi + peralatan) yang perlu diperhatikandi antaranya sebagai berikut:

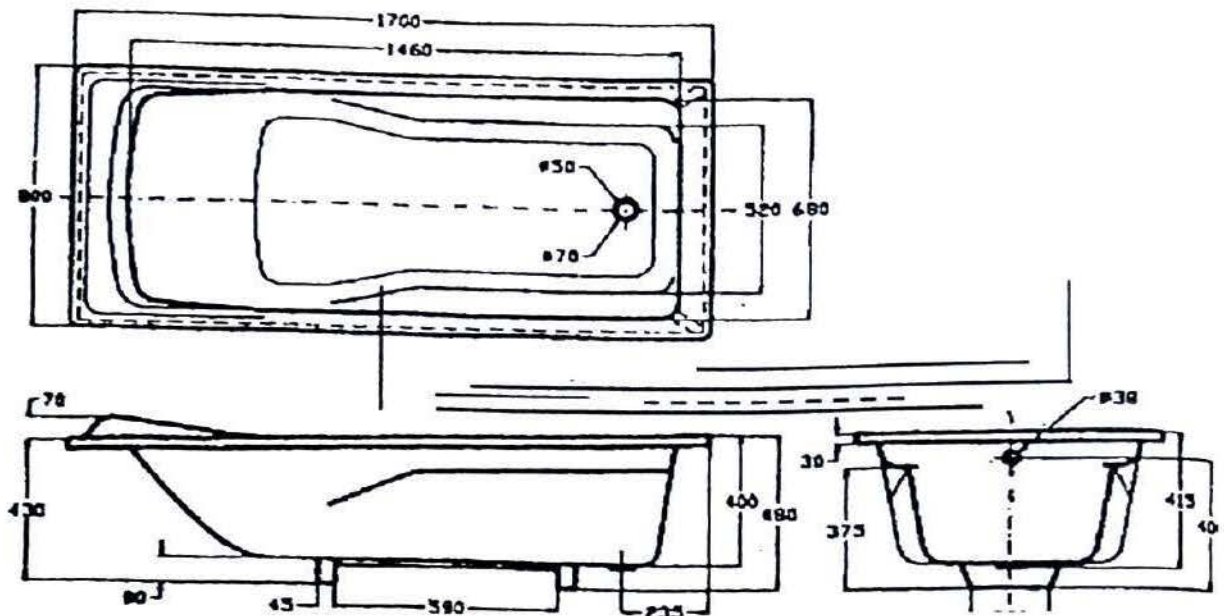


Keterangan:

- h = tinggi bak mandi rendam dari lantai (= 55cm)
- hb = tinggi keran dari lantai (= 70 cm)
- hb₁ = tinggi gantungan pancuran pegang untuk badan 115 cm)
- hb₂ = tinggi gantungan pancuran pegang untuk kepala (= 175 — 190 cm)
- hd = jarak air dingin dan air panas (= 15 cm)
- wb = jarak titik tengah keran air dingin dan keran air panas dengan dinding (= 52,5 cm)

Gambar 5.20. Ketentuan ukuran pemasangan peralatan bak mandi rendam

Salah satu contoh bak mandi rendam yang banyak digunakan di lapangan adalah bak mandi rendam "Concord" produksi PT KIA Indonesia. Adapun bentuk, ukuran, dan tinggi montase atau pemasangan bak mandi rendam "Concord" ini, dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 5.21. Bentuk dan ukuran bak mandi rendam "Concord" buatan PT KIA Indonesia

F. PERALATAN SANITER PENAMPUNG KOTORAN MANUSIA

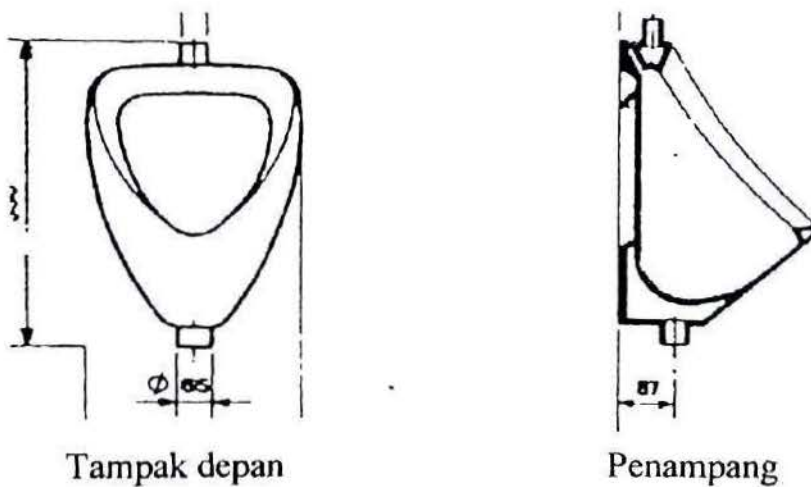
Berdasarkan wujud dan bentuk kotoran yang dihasilkan manusia, terdapat dua macam peralatan saniter penampung kotoran manusia. Peralatan saniter yang pertama ialah peralatan saniter penampung kotoran cair dan umumnya dikenal dengan nama urinoir atau peturasan. Peralatan saniter yang kedua adalah peralatan saniter penampung kotoran padat dan umumnya dikenal dengan nama WC atau kloset.

1. Urinoir (Peturasan)

Pada rumah-rumah tinggal sederhana, kamar mandi atau WC sekaligus berfungsi sebagai tempat buang air kecil. Jadi, tidak dipasang urinoir yang khusus. Akan tetapi, pada rumah tinggal yang mewah dan bangunan lainnya seperti di gedung-gedung bioskop, gedung pertemuan serta bengkel industri/pabrik, urinoir itu dipasang dalam tempat tersendiri. Biasanya terpisah dari kamar mandi dan WC, tetapi biasanya berdekatan.

Jumlah penempatan urinoir pada tiap bangunan berbeda-beda, tergantung kebutuhannya, disesuaikan dengan jumlah orang yang akan menggunakannya. Jadi, dalam perencanaannya harus disesuaikan dengan fungsi bangunan itu. Untuk itu dapat kita gunakan buku Pedoman Plambing Indonesia sebagai petunjuk dalam perencanaannya. Urinoir itu dapat dibuat dari pasangan batu atau pasangan beton (peturasan/palung). Lebih baik lagi jika urinoir itu dibuat dari bahan porselen, yang banyak dijual dalam berbagai bentuk dan kualitas.

Urinoir dipasang pada dinding tembok diperkuat dengan disekrupkan pada klos kayu yang ditanam dalam dinding tembok. Kedudukan urinoir itu akan lebih kuat pada dinding tembok karena selain diperkuat dengan sekrup, juga didukung oleh pipa pembuang dan pipa. Urinoir itu dipasang pada dinding tembok dengan ketinggian disesuaikan dengan keadaan setempat. Untuk ukuran orang-orang Indonesia, urinoir itu diletakkan dengan ketinggian minimal 50 cm di atas lantai. Sementara itu untuk ukuran orang Eropa, penempatannya itu lebih tinggi dari ukuran di atas.

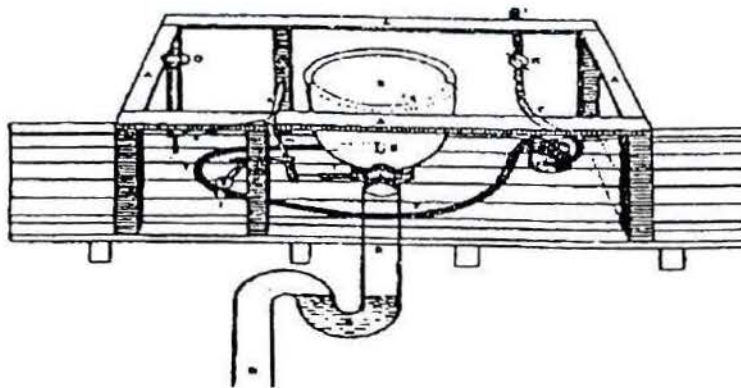


Gambar 5.22. Urinoir

2. Kloset atau Jamban

Peralatan saniter yang umum digunakan untuk tempat pembuangan kotoran padat tubuh manusia adalah kloset atau kadang-kadang disebut juga jamban. Kloset atau jamban dalam

bahasa sehari-hari dinamakan ,dengan istilah WC. Istilah WC berasal dari kata bahasa Inggris *water ,closet*. Jika diterjemahkan ke bahasa Indonesia berarti air yang menutup atau memisahkan bagian bawah kloset dengan bagian atasnya. Air penutup ini berfungsi untuk mencegah bau kotoran yang terdapat di bagian bawah kloset naik ke atas memasuki ruangan, sehingga tidak mengganggu penghuninya. Sistem *water closet* digunakan dan dipatenkan oleh seorang Inggris bernama Alexander Cumming pada tahun 1775. Bentuk awal WC dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 5.23. Konstruksi "water closet" ciptaan A. Cumming

Berdasarkan cara penggunaannya kloset yang terdapat di pasaran bila dilihat dari cara penggunaannya dibedakan atas dua, yaitu kloset jongkok dan kloset duduk. Kloset jongkok digunakan sambil jongkok, sedang kloset duduk digunakan sambil duduk.

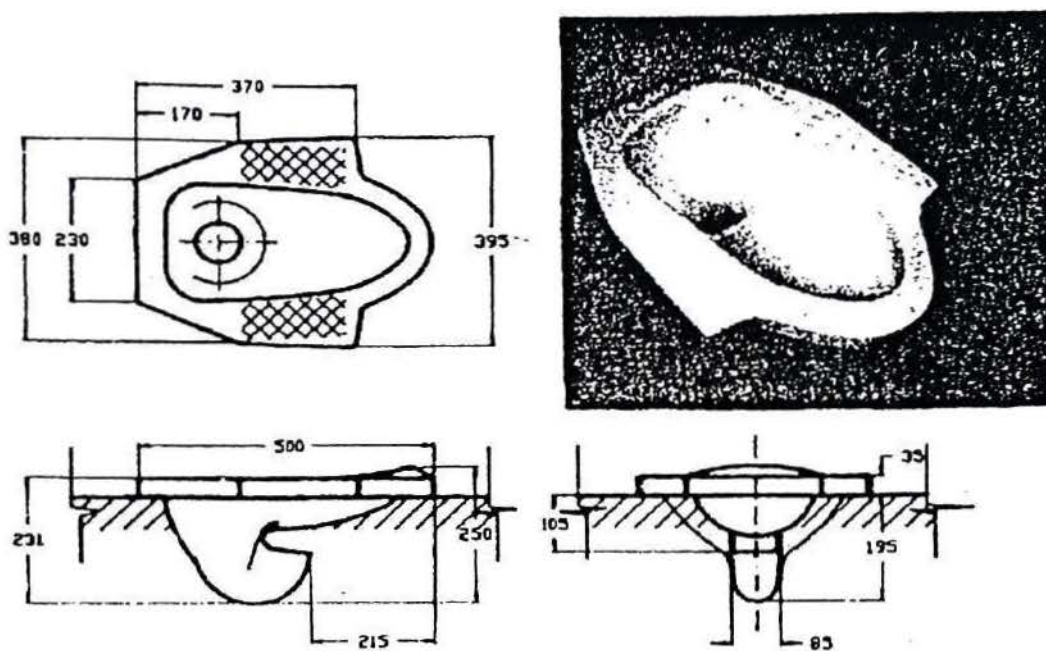
a. Kloset Jongkok

Peralatan saniter kloset jongkok saat ini masih banyak digunakan di Indonesia terutama dalam rumah-rumah tinggal golongan sederhana. Kloset ini pada awalnya dibuat dari bahan teraso, tetapi akhir-akhir ini sudah banyak yang dibuat dari bahan keramik. Kloset jongkok yang dibuat dari bahan keramik banyak disukai karena lebih mudah membersihkannya dan lebih higienis.

Salah satu kloset jongkok yang banyak terdapat di pasaran adalah kloset jongkok "Rapiex" buatan PT KIA Indonesia. Adapun bentuk, ukuran, dan tinggi pemasangan (*montase*) kloset dapat dilihat pada gambar berikut ini.

Pada hakekatnya, kloset jongkok mempunyai kelebihan jika dibandingkan dengan kloset duduk, tersebut karena:

- (1) lebih baik terhadap kesehatan sebab (1) tidak ada kontak (langsung) antara kulit pemakai dengan permukaan kloset sehingga tidak dimungkinkan adanya penularan penyakit kulit di antara para pengguna kloset dan (2) dengan posisi jongkok, jauh lebih mudah mengeluarkan seluruh kotoran tubuh melalui lubang dubur.
- (2) harganya lebih murah dan perawatannya lebih mudah.

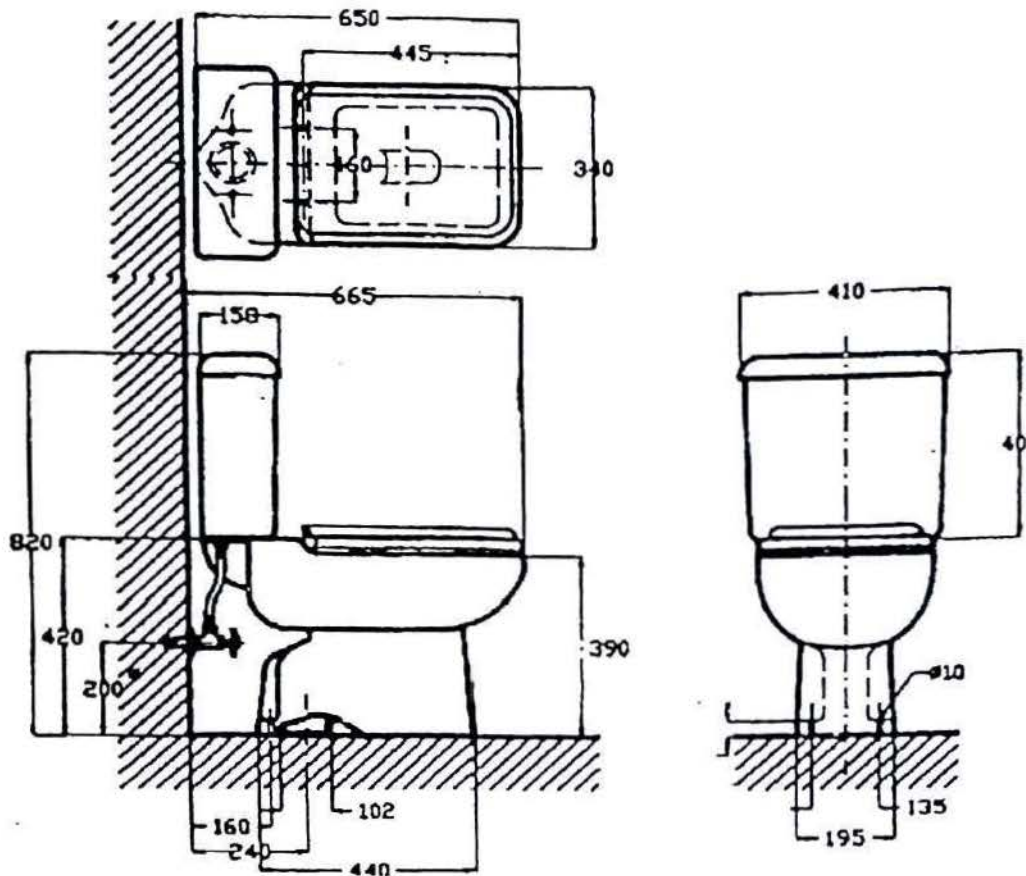


Gambar 5.24. Bentuk, ukuran, dan tinggi pemasangan klosetjongkok "Rapiex" buatan PT KIA Indonesia

b. Kloset Duduk

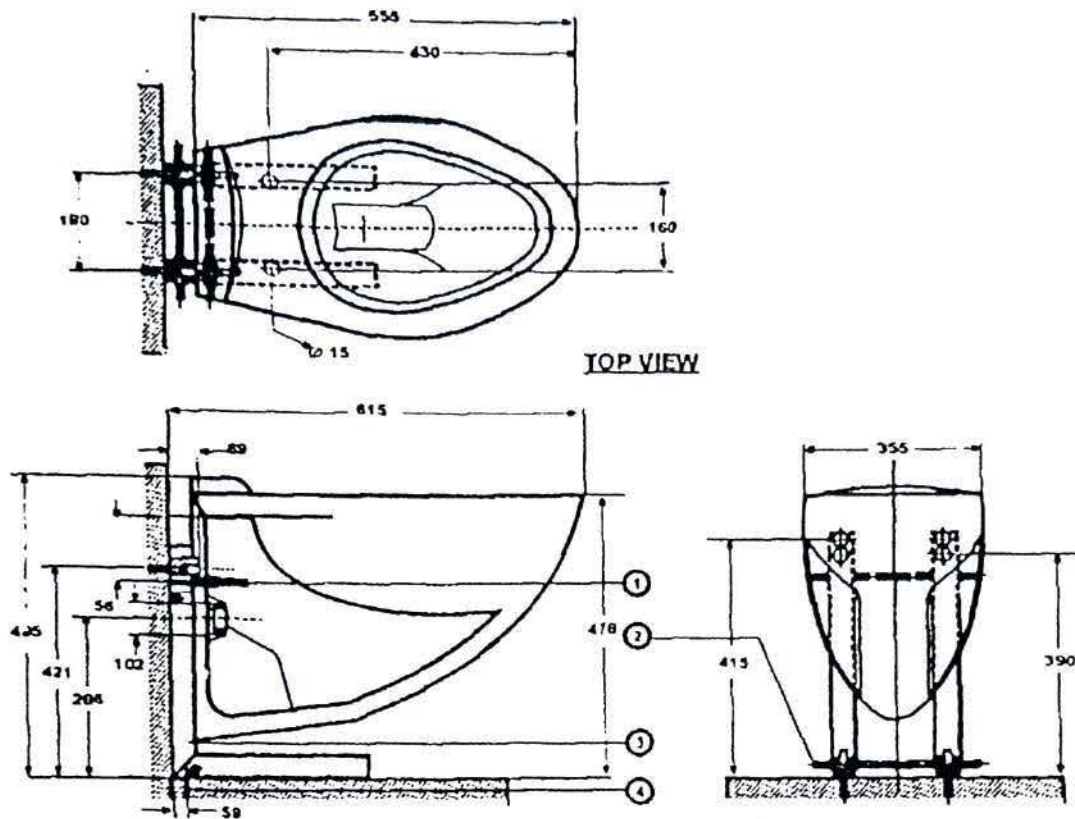
Akhir-akhir ini, penggunaan kloset duduk sebagai pengganti kloset jongkok terutama dalam kamar mandi hotel semakin banyak dilakukan. Hal ini disebabkan kloset duduk lebih kelihatan bersih dan nyaman dalam penggunaannya. Berdasarkan cara pemasangannya, kloset duduk dapat dikelompokkan dalam dua jenis, yaitu (1) kloset duduk yang menumpu di lantai dan (2) kloset duduk yang menggantung di dinding.

Salah satu kloset duduk menumpu di lantai yang banyak terdapat di pasaran Indonesia adalah kloset duduk "Concord" produksi PT KIA Indonesia. Adapun bentuk dari kloset dapat dilihat gambar dan ketentuan tinggi pemasangannya, dan ukurannya pada gambar berikut.



Gambar 5.25. Ukuran dan tinggi pemasangan kloset duduk yang menumpu di lantai tipe "Concord" produksi PT KIA Indonesia

Jenis kloset duduk yang lain dan banyak digunakan adalah kloset duduk yang pemasangannya ditempelkan pada dinding atau biasa disebut kloset duduk menggantung di dinding. Kloset ini mempunyai kelebihan jika dibandingkan dengan kloset duduk menumpu di lantai, yaitu lantai WC-nya mudah dibersihkan dan kelihatan lebih bersih dan rapi. Ketentuan tinggi pemasangan dan ukuran kloset duduk yang menggantung di dinding dapat dilihat pada gambar berikut.

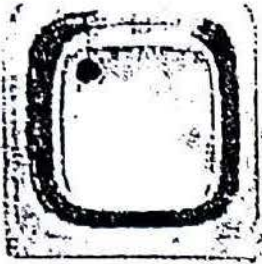
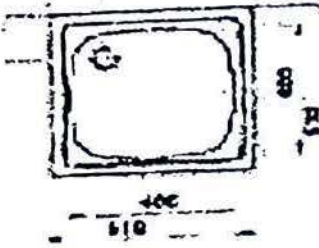
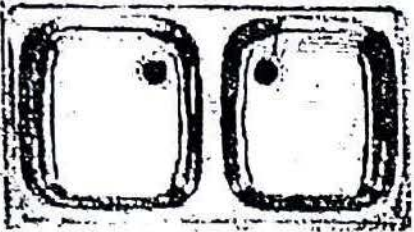
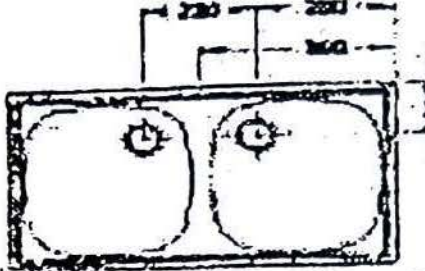
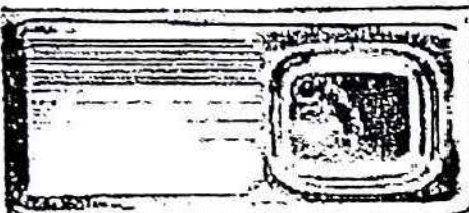
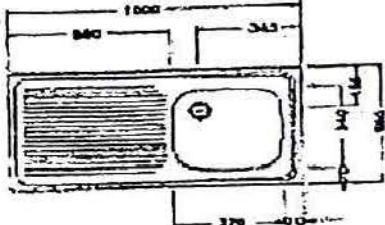
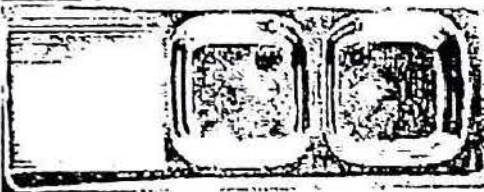
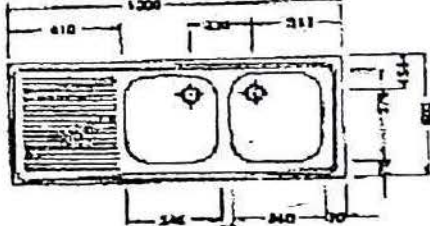


Gambar 5.26. Tinggi pemasangan dan ukuran kloset duduk yang menggantung di dinding tipe "Laguna" produksi PT KIA Indonesia.

G. PERALATAN SANITER KELOMPOK MASAK

Salah satu peralatan saniter yang menjadi sumber air kotor dan pada umumnya ditempatkan di dapur adalah bak cuci. Peralatan saniter ini berfungsi untuk tempat mencuci/membersihkan peralatan masak dan makan seperti wajan, piring, gelas, dan peralatan-peralatan makan dan masak yang lain.

Terdapat berbagai macam bentuk bak cuci, yang umum tersedia di pasaran, di antaranya (1) bak cuci dengan satu baskom, (2) bak cuci dengan dua baskom, (3) bak cuci dengan satu baskom dan satu meja pengering, dan (4) bak cuci dengan dua baskom dan satu meja pengering. Secara visual, bentuk dan ukuran dari keempat tipe bak cuci tersebut dapat dilihat pada gambar berikut.

Bentuk Sink	Ukuran Sink
	
	
	
	

Gambar 5.27. Bentuk dan ukuran sink

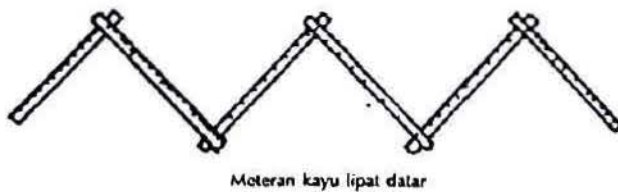
Pada umumnya, bak cuci dibuat dari bahan pelat baja tahan karat (*stainless steel*). Pemilihan bahan ini didasari oleh beberapa alasan, yaitu (1) kuat dan tahan terhadap karat, (2) tahan terhadap perusakan oleh karena panas, (3) dapat menahan tumbukan tanpa mudah penyok, dan (4) relatif mudah dibersihkan.

BAB VI PERALATAN DAN BAHAN Pengerjaan

Dalam pelaksanaan pekerjaan plumbing banyak peralatan yang digunakan. Jenis peralatan yang dipakai dalam pekerjaan plumbing disesuaikan dengan apa yang dibuatkan kerjakan. Adapun jenis-jenis peralatan plumbing yaitu:

1. Meteran

Meteran terbuat dari berbagai macam bahan dan bentuk. Bahan pembuatan meteran yaitu dari kayu, pita baja, pita kain, plat baja, dan lainnya. Meteran kayu terbuat dari bahan kayu yang ukurannya panjang \pm 1 meter, tebal 1 – 2 cm, dan lebar 4 – 7 cm. Sebelah sisinya dibuat miring diberi ukuran dalam cm. Meteran kayu lipat dengan panjang 1 meter terbuat dari kayu dengan ukuran tebal 0,3 cm, lebar 1 – 2 cm dan terdiri dari 4 – 6 bilah kayu dengan panjang masing-masing \pm 20 – 25 cm. Ujung-ujung bilah saling dihubungkan dengan engsel dari logam (disambung memanjang) sehingga panjangnya mencapai 1 meter. Sebelah sisinya diberi ukuran dalam cm. Berikut merupakan gambar dari meteran yang terbuat dari kayu.



Gambar 6.1. Macam-macam Meteran kayu

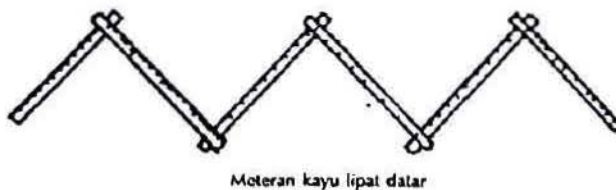
BAB VI

PERALATAN DAN BAHAN Pengerjaan

Dalam pelaksanaan pekerjaan plumbing banyak peralatan yang digunakan. Jenis peralatan yang dipakai dalam pekerjaan plumbing disesuaikan dengan apa yang dibuatkan kerjakan. Adapun jenis-jenis peralatan plumbing yaitu:

1. Meteran

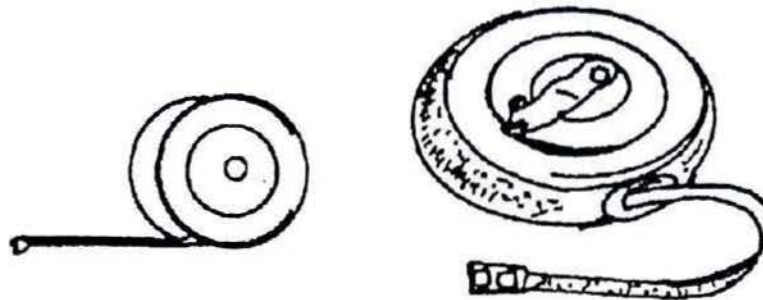
Meteran terbuat dari berbagai macam bahan dan bentuk. Bahan pembuatan meteran yaitu dari kayu, pita baja, pita kain, plat baja, dan lainnya. Meteran kayu terbuat dari bahan kayu yang ukurannya panjang \pm 1 meter, tebal 1 – 2 cm, dan lebar 4 – 7 cm. Sebelah sisinya dibuat miring diberi ukuran dalam cm. Meteran kayu lipat dengan panjang 1 meter terbuat dari kayu dengan ukuran tebal 0,3 cm, lebar 1 – 2 cm dan terdiri dari 4 – 6 bilah kayu dengan panjang masing-masing \pm 20 – 25 cm. Ujung-ujung bilah saling dihubungkan dengan engsel dari logam (disambung memanjang) sehingga panjangnya mencapai 1 meter. Sebelah sisinya diberi ukuran dalam cm. Berikut merupakan gambar dari meteran yang terbuat dari kayu.



Gambar 6.1. Macam-macam Meteran kayu

Meteran pipa baja (meteran rol) terbuat dari pita baja dengan lebar 1 cm dan panjangnya bervariasi yaitu: 2 meter, 4 meter dan 5 meter. Pita baja ini diberi ukuran dalam cm dan millimeter serta digulung masuk dalam sebuah rumahan. Sesuai dengan namanya, meteran dibuat dari pelat logam yang bentuknya ada bertentuk bulat dan ada yang persegi.

Selain meteran terbuat dari pita baja, ada juga yang terbuat dari pita kain dengan panjang yang bervariasi berkisar 5 sampai 8 meter. Meteran ini mempunyai rumahan yang terbuat dari kayu atau baja. Gambar berikut merupakan gambar dari meteran pita baja dan pita kain.



Gambar 6.2. Meteran dari pita baja dan meteran dari pita kain

Meteran dalam pekerjaan plumbing diperuntukkan untuk:

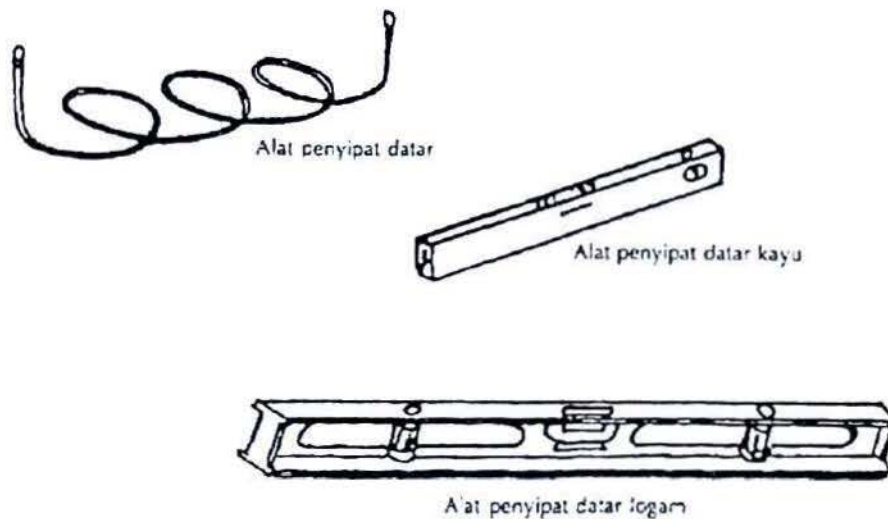
- Pengukuran panjang pada pelaksanaan pekerjaan bangunan,
- Pengukuran panjang benda-benda kerja,
- Pengukuran panjang barang atau benda hasil kerja, dan lainnya

Cara perawatan meteran agar terpelihara yaitu:

- Simpanlah baik-baik dalam keadaan bersih,
- Lipat atau gulung dengan hati-hati supaya tidak mudah rusak,
- Lindung alat (meteran) dari pukulan/benturan dengan benda-benda yang keras.

2. Alat Penyipat Datar

Alat penyipat datar dapat dibuat dari berbagai macam bahan. Alat sipat datar kayu terdiri dari batang kayu sebagai rumah dan tabung kaca yang berisi zat cair dengan libel (gelembung). Alat sipat datar plastik dibuat dari selang plastik dengan diameter 1 – 2 cm, dengan panjang menurut kebutuhan yang diisi dengan air. Alat sipat datar logam terdiri dari logam sebagai rumah dan tabung kaca yang berisi zat cair dengan libel (gelembung air). Berikut merupakan gambar alat sipat datar.



Gambar 6.3. Macam Alat Penyipat Datar

Fungsi dari alat penyipat datar ini, diantaranya:

- Alat sipat datar kayu atau logam dapat digunakan untuk menentukan garis datar atau bidang datar, dengan menggunakan libel (gelembung air)
- Alat sipat datar dari kayu atau logam dapat digunakan untuk menentukan garis vertikal (tegak) atau bidang vertikal dengan menggunakan libel (gelembung) sipat datar yang menyilang (novo tegak)
- Alat sipat datar dari pita plastik hanya dapat digunakan untuk menentukan garis datar atau silang bidang datar.

Cara perawatan alat sipat datar antara lain

- Lindung alat dari pukulan benda keras
- Simpan dengan baik dalam keadaan bersih

- Jangan digunakan untuk pekerjaan yang menyimpang dari petunjuk penggunaan.

3. Unting-Unting

Unting-unting terdiri atas beberapa macam bahan, yaitu:

- Logam anti karat sebagai bandul
- Tali benang sebagai tali,
- Kayu sebagai alat luncur.

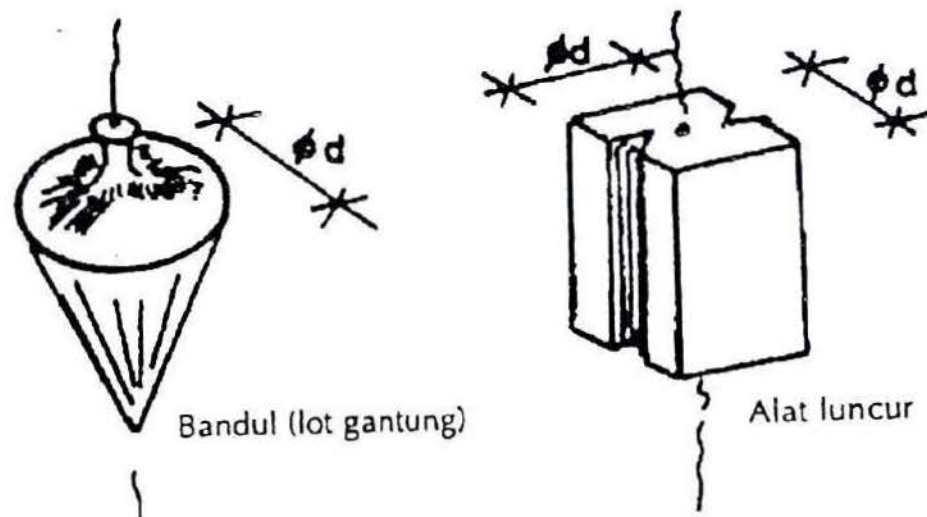
Fungsi unting-unting dalam pekerjaan bangunan, diantaranya untuk:

- Menentukan garis vertikal (tegak) bidang vertikal atau bidang tegak lurus terhadap garis datar,
- Menentukan letak titik tegak lurus di bawah suatu titik di atasnya.

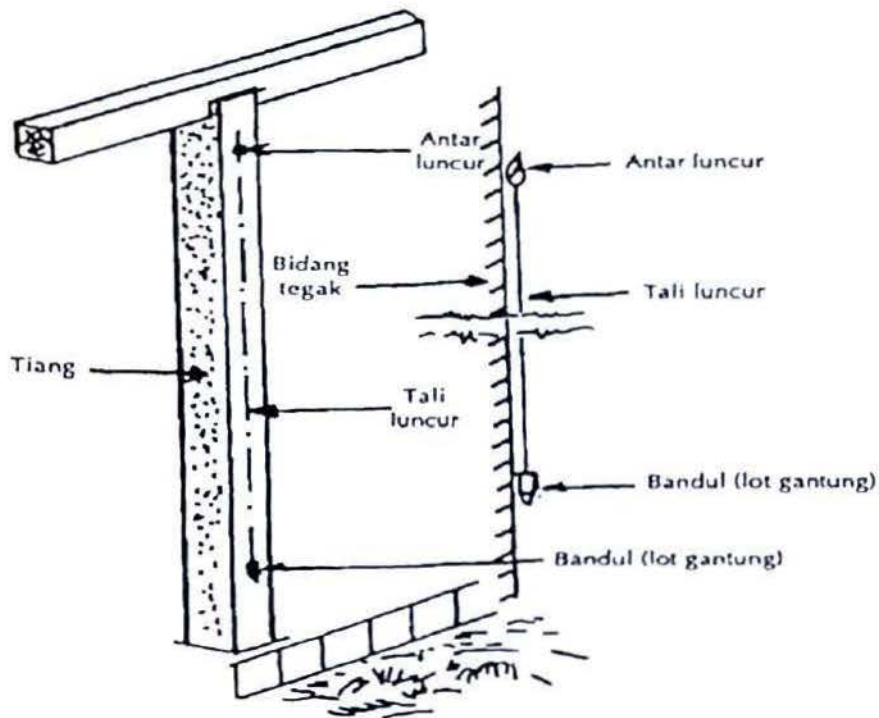
Cara menggunakan unting-unting, yaitu sebagai berikut:

- Menempelkan kayu antar luncur pada bidang sisi tiang yang akan dijadikan tegak,
- Gantungkan bandul dari logam dan luncurkan naik turun dengan tali luncur,
- Singgungkan bidangnya pada sisi bandul.

Untuk jelasnya lihat gambar berikut.



Gambar 6.4. Unting-unting



Gambar 6.5. Cara menggunakan unting-unting

4. Benang

Benang dibuat dari pintalan kapas, serat rami, atau benang plastik. Fungsi benang diantaranya untuk:

- Menentukan garis lurus,
- Menentukan garis datar,
- Menentukan pasangan yang lurus,
- Meluruskan plesteran, menggantungkan unting-unting.

Cara menggunakan benang adalah sebagai berikut:

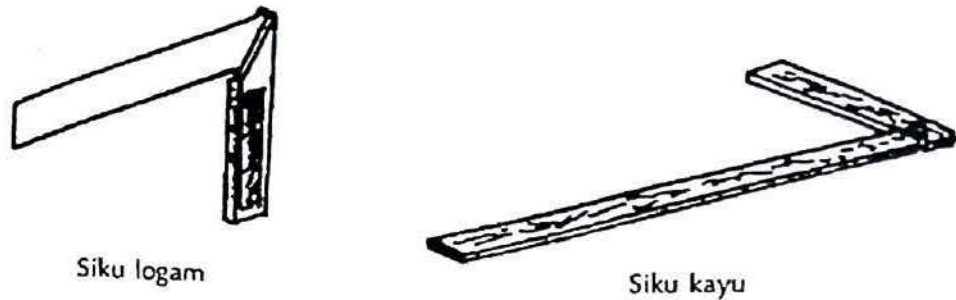
- Rentangkan benang yang kuat hingga lurus,
- Hindarkan gangguan batang, rumput, atau benda lain yang dapat mengganggu penarikan benang tersebut.

Cara perawatan benang diantaranya gulunglah secara baik-baik agar tidak kusut dan kemudian simpan di tempat yang kering dan bersih.

5. Siku

Siku dapat dibuat dari logam atau kayu. Sudut siku-siku dapat dibuat dengan menggunakan tali atau batang yang sisinya

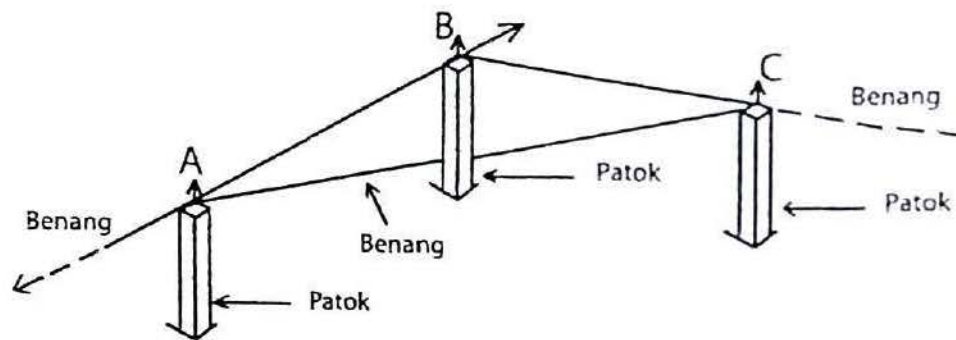
berbanding 3 : 4 : 5. Dengan demikian, sudut dihadapan sisi-sisinya berbanding (dalil Phytagoras). Fungsi siku adalah untuk membuat sudut 90° (siku-siku) antara dua buah garis atau bidang rata.



Gambar 6.6. Macam Siku

Cara menggunakan siku-siku yaitu sebagai berikut:

- Siku logam atau kayu dapat langsung dipasang/diletakkan pada tempat siku-siku,
- Tali harus direntangkan lurus-lurus, sedemikian sehingga tersusun siku-siku dengan perbandingan panjang sisi-sisi adalah 3 : 4 : 5.



Gambar 6.7. Membuat Sudut Siku dengan Perbandingan Sisi.

6. Patok

Patok dibuat dari kayu dengan beberapa macam ukuran dan bentuk. Fungsi patok diantaranya adalah:

- Memberi tanda kedudukan titik atau tempat,
- Memasang benang dengan tinggi tertentu (misal setinggi lantai),

- Memasang papan piket atau papan bangun (bouwplank) untuk menentukan tinggi lantai bangunan.

Cara menggunakan adalah patok dipasang vertikal ke dalam tanah sedalam kira-kira 20 – 25 cm. Pemancangan patok jangan terlalu dalam supaya mudah dicabut kembali.

Cara perawatan patok yaitu:

- Memukul patok jangan keras-keras,
- Pukullah patok tepat di tengah kepalanya, supaya tidak pecah (terbelah),
- Jangan menggunakan patok untuk memukul.

7. Palu

Palu terbuat dari berbagai macam bahan, diantaranya dari logam/besi dan dari kayu.

- a. Martil atau Palu Besi. Palu besi ini dibuat dari baja dengan diberi tangkai dari kayu. Palu besi terdiri atas beberapa macam bentuk dan ukuran. Berat palu besi ada yang $\frac{1}{2}$ kg, 1 kg, dan 1,5 kg.

Fungsi martil besi adalah:

- Bentuk lancip, untuk memukul,
 - Bentuk konde, untuk memukul,
 - Bentuk cabang, untuk memukul dan mencabut paku.
- b. Godam. Godam disebut juga dengan bodem atau pbesar. Bentuknya seperti martil tetapi ukurannya lebih besar dan lebih berat. Berat godam ada yang 2 kg, 3 kg dan sampai 10 kg. Panjang tangkai godam lebih kurang 0,5 sampai 1 meter. Fungsi godam diantaranya yaitu: untuk memancang/memukul patok dan untuk memecah batu.
 - c. Martil kayu yaitu martil yang bahannya terbuat dari kayu. Fungsinya yaitu: memukul patok, memasang ubin/kramik, penyetulan sambungan kayu
 - d. Ada beberapa jenis lain dari palu yang peruntukannya sesuai jenis pekerjaan, seperti palu tukang batu, palu tukang bata, palu tukang talang, dan palu katu berat.

- Memasang papan piket atau papan bangun (bouwplank) untuk menentukan tinggi lantai bangunan.

Cara menggunakan adalah patok dipasang vertikal ke dalam tanah sedalam kira-kira 20 – 25 cm. Pemancangan patok jangan terlalu dalam supaya mudah dicabut kembali.

Cara perawatan patok yaitu:

- Memukul patok jangan keras-keras,
- Pukullah patok tepat di tengah kepalanya, supaya tidak pecah (terbelah),
- Jangan menggunakan patok untuk memukul.

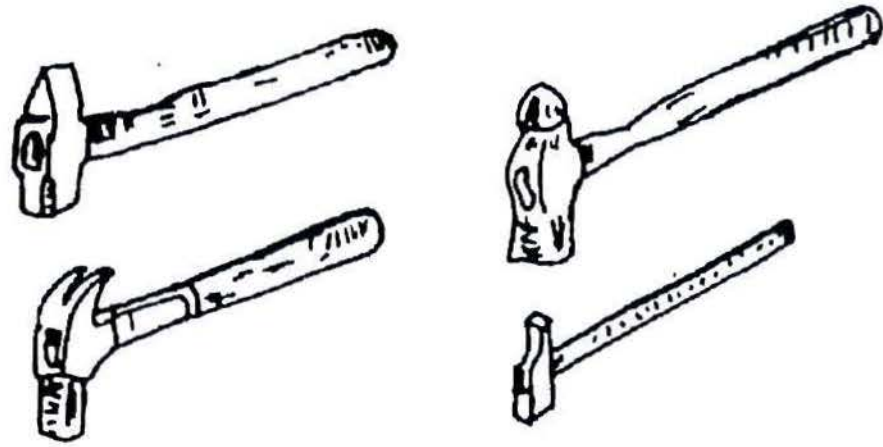
7. Palu

Palu terbuat dari berbagai macam bahan, diantaranya dari logam/besi dan dari kayu.

- a. Martil atau Palu Besi. Palu besi ini dibuat dari baja dengan diberi tangkai dari kayu. Palu besi terdiri atas beberapa macam bentuk dan ukuran. Berat palu besi ada yang $\frac{1}{2}$ kg, 1 kg, dan 1,5 kg.

Fungsi martil besi adalah:

- Bentuk lancip, untuk memukul,
 - Bentuk konde, untuk memukul,
 - Bentuk cabang, untuk memukul dan mencabut paku.
- b. Godam. Godam disebut juga dengan bodem atau pbesar. Bentuknya seperti martil tetapi ukurannya lebih besar dan lebih berat. Berat godam ada yang 2 kg, 3 kg dan sampai 10 kg. Panjang tangkai godam lebih kurang 0,5 sampai 1 meter. Fungsi godam diantaranya yaitu: untuk memancang/memukul patok dan untuk memecah batu.
 - c. Martil kayu yaitu martil yang bahannya terbuat dari kayu. Fungsinya yaitu: memukul patok, memasang ubin/kramik, penyetulan sambungan kayu
 - d. Ada beberapa jenis lain dari palu yang peruntukannya sesuai jenis pekerjaan, seperti palu tukang batu, palu tukang bata, palu tukang talang, dan palu katu berat.



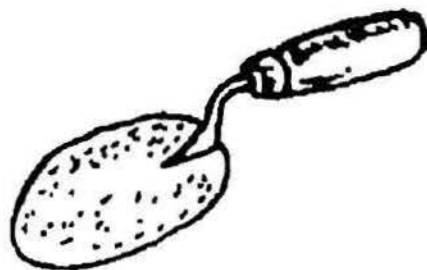
Gambar 6.8. Macam-Macam Palu Besi.

8. Cetok.

Cetok adalah alat untuk mencetok adukan semen, tanah dan sebagainya. Cetok dapat digunakan sebagai alat memasang batu bata, ubin, kramik dan lainnya. Alat ini terbuat dari pelat logam yang berbentuk oval kecil atau besar dengan tangkai dari kayu.

- a. Cetok Bulat. Fungsinya adalah: takaran pada waktu akan mencampur bahan-bahan adukan/spesi, menempelkan adukan semen atau memplester dan meratakan plesteran dinding.
- b. Cetok lonjong. Fungsinya adalah untuk memperhalus (mengaci) atau memoles agar rata.

Cara perawatannya adalah setelah digunakan cetok dicuci kembali untuk menghindarkan mengerasnya sisi semen atau adukan pada cetok.



Gambar 6.9. Cetok Semen (bulat)

9. Sekop

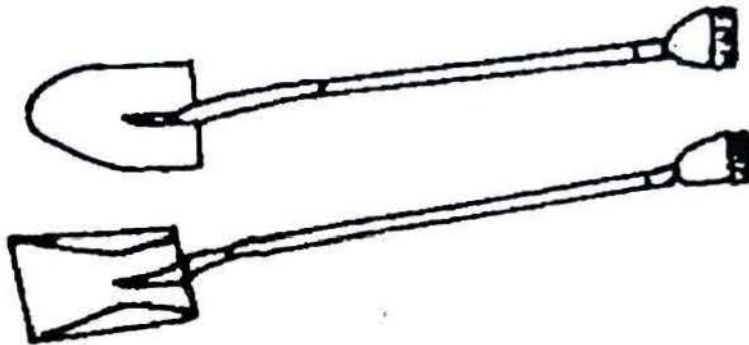
Sekop adalah alat penggali tanah atau pasir. Alat ini bertangkai panjang dan terbuat dari kayu.

Fungsi sekop diantaranya yaitu:

- Mengambil bahan-bahan susun (kapur, pasir, semen) untuk adukan,
- Mengambil tanah dari lubang atau memindahkan tanah,
- Mencampur bahan-bahan adukan (spesi)

Cara merawat skor yaitu:

- Mencuci bersih sehabis dipakai,
- Memperbaiki/mengganti segera, jika tangkainya patah atau rusak,
- Hindari pemakaian untuk pekerjaan yang menyimpang dari petunjuk penggunaan.

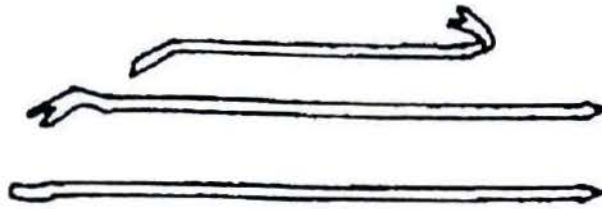


Gambar 6.10. Gambar Sungkup (Sekop)

10. Linggis

Linggis dibuat dari batang besi/baja dengan bentuk tampung bulat. Panjang lebih kurang 1 – 1,5 meter. Salah satu ujungnya pipih, sedangkan ujung yang lain bercabang dan melengkung. Cara menggunakannya yaitu:

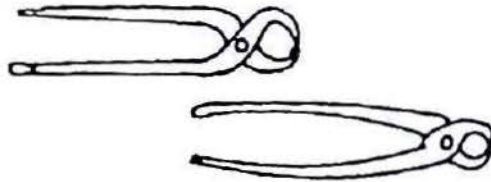
- Mengaduk tanah keras (pipih) yang akan digali untuk lubang pondasi,
- Mengungkit pada waktu mindahkan benda-benda berat dan keperluan lain,
- Mencabut paku (dengan ujung bercabang) dan untuk mengungkit tanah-tanah keras (padas atau batu) pada waktu membuat lubang pondasi.



Gambar 6. 11. Macam-Macam Linggis.

11. Kakak Tua (Catut).

Kakak tua atau catut dibuat dari baja perkakas. Fungsinya adalah untuk melilitkan kawat ikat pada tulangan baja dan mencabut paku.



Gambar 6.12. Kakak Tua (Catut)

12. Gergaji Kayu

Gergaji kayu dibuat dari pelat baja perkakas dengan pegangan dari kayu. Terdapat dua jenis gergaji dilihat dari fungsinya, yaitu gergaji belah dan gergaji potong. Fungsi dari gergaji ini yaitu untuk memotong atau membelah kayu atau bambu.



Gambar 6.13. Gergaji Kayu

BAB VII

PEMASANGAN DAN PEMELIHARAAN ALAT SANITER

A. PRINSIP PEMASANGAN ALAT SANITER (PERANGKAT SANITER)

Pemasangan identik dengan cara, metode atau teknik yang digunakan agar alat saniter atau perangkat saniter terpasang dengan baik dan benar. Karena secanggih atau sebahal dan semahal apapun harga sebuah perangkat saniter, namun yang paling menentukan adalah kualitas pemasangannya. Oleh karena itu terdapat beberapa prinsip yang harus dipenuhi dalam pemasangan perangkat-perangkat saniter, yaitu:

1. Pemilihan perangkat saniter yang berkualitas dan standar.

Perangkat saniter yang beredar di pasaran banyak yang tidak berkualitas alias “abal-abal”. Demikian pula dengan ukuran alat saniter ada yang berukuran asli (sesuai standar) dan ada yang berukuran di luar standar alias “banci”. Oleh karena itu diperlukan kecermatan dalam pemilihan/penggunaan perangkat saniter. Pemilihan perangkat saniter yang berkualitas dan standar ditujukan untuk menghindari kerusakan/pecah pada saat pemasangan, serta mempersiapkan posisi yang sesuai dengan ukuran dalam perencanaan.

2. Memahami unsur-unsur, komponen, bahan dan peralatan yang diperlukan dalam pemasangan alat saniter.

Masing-masing perangkat saniter memiliki komponen dan sifat-sifat yang berbeda-beda, sehingga diperlukan penggunaan bahan dan peralatan yang tepat dalam pemasangannya. Selanjutnya pastikan semua bahan dan peralatan telah tersedia menjelang melakukan pemasangan perangkat saniter.

3. Pemahaman tentang struktur proses pekerjaan dan pemasangan perangkat saniter. Dengan memahami struktur proses pekerjaan, prosedur pemasangan perangkat saniter dilakukan secara tepat sesuai dengan mekanisme dan standar teknis yang berlaku.
4. Semua sambungan terhubung dengan sempurna.

Pemasangan perangkat saniter identik dengan melakukan hubungan seluruh komponen antar komponen perangkat saniter atau antara perangkat saniter dengan elemen-elemen lainnya seperti instalasi perpipaan (air bersih dan air kotor), dinding, lantai dan lainnya. Oleh karena harus dipastikan seluruh sambungan dapat terhubung dengan sempurna.

5. Mengecek (tes) seluruh kelengkapan komponen dan hubungan perangkat saniter. Pastikan ujicoba penggunaan air bersih, air kotor, volume air, dan waktu penggunaannya.

Pemasangan peralatan sanitasi (*sanitary fixtures*) atau juga sering disebut dengan peralatan saniter yang lazim digunakan dalam bangunan gedung yang dihuni manusia adalah.

- a. Pemasangan tempat cuci tangan dan muka (*wastafel*);
- b. Pemasangan tempat buang air besar (*kloset*);
- c. Pemasangan tempat buang air kecil khusus laki-laki (*urinoir*);
- d. Pemasangan tempat cuci piring (*zink*);
- e. Pemasangan bak mandi (*bath tub*).

B. PEMASANGAN WASTAFEL

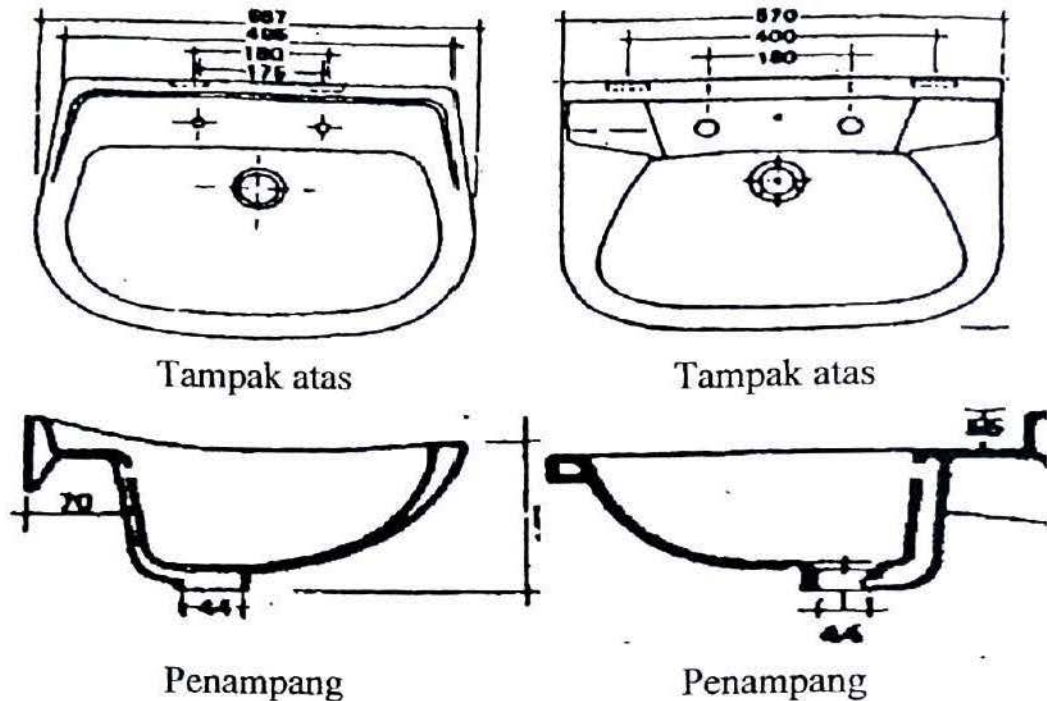
Bak cuci tangan pada umumnya dipasang pada perumahan yang termasuk mewah, akan tetapi pada rumah-rumah yang sederhana kadang kadang dipasang. Hal tersebut tergantung pada kemampuan anggaran pemilik rumah tersebut. Bak cuci tangan banyak dijual dalam berbagai bentuk dan ukuran serta macam-macam kualitas, dari kualitas termurah sampai kualitas termahal. Biasanya bak cuci tangan terbuat dari

porcelain atau logam. Yang penting kita perhatikan dalam hal ini bukanlah soal harga dan kualitas, melainkan bagaimana cara peletakan dan pemasangan bak cuci tangan itu dipasang di tempat yang pantas, misalnya di kamar tidur atau di ruang makan.

Bak cuci tangan pada umumnya dipasang pada dinding tembok, dengan disekrupkan pada klos kayu yang ditanam di dalam dinding tembok, atau dengan memakai mur baut. Kepala baut ditanam dan ada pula yang digantung dengan besi beget. Besi beget disekrupkan pada klos kayu yang ditanam pada dinding tembok. Cara penguatan pada dinding tembok berbeda-beda, tergantung dari model bak cuci tangan.

Penguatan pemasangan sebenarnya tidak sepenuhnya didukung oleh sekrup atau beget, tetapi pipa pemasukan air dan juga pipa pembuangan merupakan pembantu kestabilan kedudukan bak cuci tangan itu.

Hal yang perlu diperhatikan pula dalam pemasangan bak cuci tangan ialah pemasangan kran air. Kran itu harus dipasang sedemikian rupa sehingga mulut kran memiliki jarak minimal 5 cm di atas permukaan air tertinggi pada bak cuci tangan itu. Hal itu untuk mencegah terserapnya kembali air di dalam bak ke dalam pipa pemasukan. Untuk mencegah air di dalam bak penuh karena pipa pembuang itu tersumbat kotoran maka di atas pipa pembuang pada dasar bak selalu dipasang saringan.



Gambar 7.1 . Wastafel

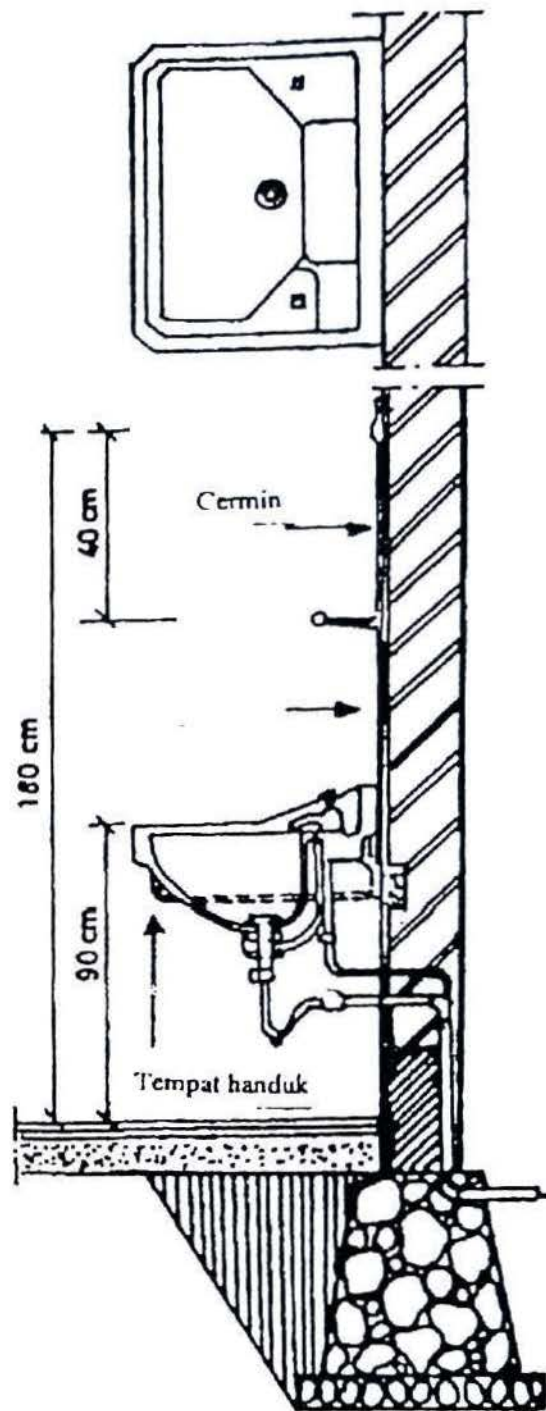
Wastafel umumnya dipasang pada dinding tembok, tingginya kurang lebih 90 cm dari lantai. Pemasangannya digantung pada besi penggantung. Besi penggantung dipasang di tembok dengan jalan disekrupkan pada klos kayu yang ditanam dalam dinding bata. Pemasangan wastafel harus datar karena waktu memasang klos dan besi penggantung harus datar (horizontal). Pemasangan klos pada dinding tembok harus kuat dan tidak mudah lepas. Untuk itu klos harus dibuat bentuk ekor burung.

Besi penggantung baru boleh dipasang apabila kedudukan klos dalam tembok telah kuat, artinya adukan penjepit klos telah kering. Setelah wastafel itu diletakkan pada besi penggantungnya, untuk menggantungkan antara kran dan pipa air yang telah dipasang pada dinding tembok, harus menggunakan sistem sambungan *barrel union*.

Jadi, panjang pipa antara *elbow* yang dipasang pada pipa air pemasukan sampai pada *socket* yang dipasang di bawah kran itu dibag dua, yang sepotong disambung pada *socket*. Kemudian, tengah-tengah disambung dengan *barrel union*. Dengan demikian,

kedua pipa itu dapat disambung satu sama lain dengan baik, tanpa mengubah ujung-ujunl pipa lainnya yang telah disambungkan dengan *socket* dan dengan *elbow*. Pembuatan lubang pipa pembuangan pada dinding tembok harus dibua dengan tepat hingga pemasangan pipa pembuang juga tepat sesuai dengan kemiringan yang sudah ditentukan (1:60).

Caranya adalah dengan jalan memasang *wastafel* itu pada bes penggantungan, diatur kedudukannya hingga datar (horizontal) ke segala arah. Kemudian dengan menggunakan waterpas tukang batu atau sebuai siku-siku panjang, lubang pembuang yang terdapat pada pipa anti-bau diproyeksikan pada dinding tembok. Dengan demikian, kita dapat menentukan kedudukan pipa pembuang pada dinding tembok secara tepat.



Gambar 7.2. Bentuk konstruksi pemasangan wastafel

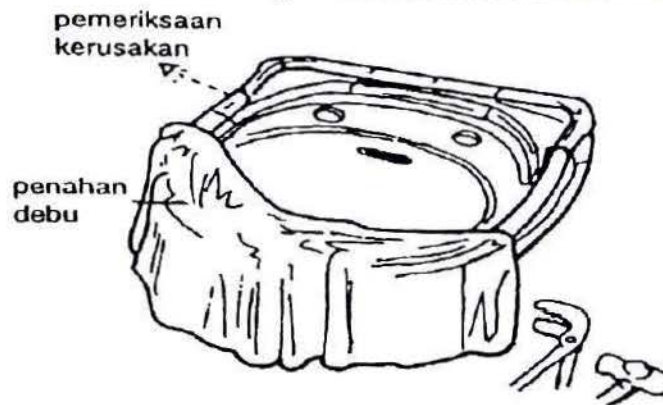
n
h
s
i
r
n
p
n
n
n
n

Selesai pemasangan, *wastafel* itu harus dicoba dengan membuka kran air. Dengan demikian, dapat dilihat kerapatan sambungan pipa air bersih dan pipa pembuang air kotor.

Secara rinci cara perawatan dan pemasangan *wastafel* adalah sebagai berikut:

a. Perawatan Awal Peralatan

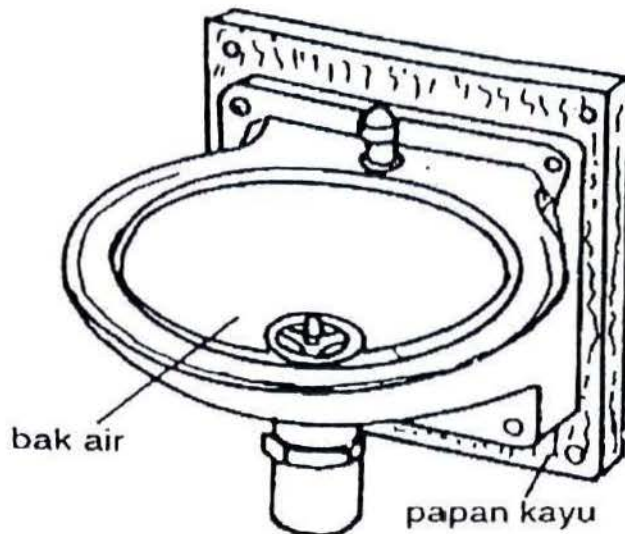
- 1) Periksa semua peralatan dari kerusakan sebelum dipasang.
- 2) Lindungi peralatan dari kemungkinan kerusakan dengan lap/ kain pembersih.
- 3) Biarkan isolasi/plester pelindung pada kedudukan selama mungkin sewaktu instalasi dikerjakan.



Gambar 7.3. Pemeriksaan peralatan sebagai perawatan awal

b. Papan Pengganjal

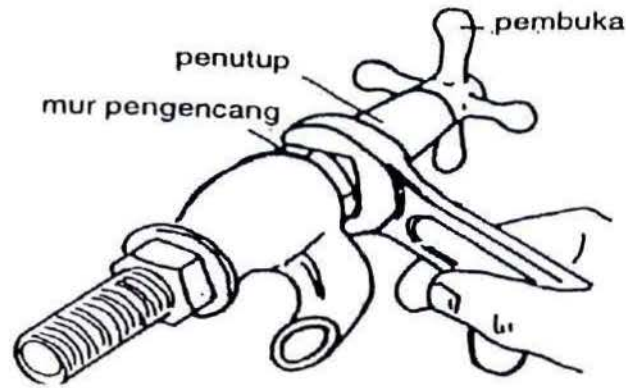
- 1) Yakinlah bahwa permukaan bantalan adalah kuat dan jika ragu-ragu, pasang papan sebagai ganjalan/bantalan dari kayu.
- 2) Kencangkan sampai rapat/kuat tetapi jangan terlalu kuat sekali karena sekrup-sekrup tadi terpasang di atas barang-barang keramik, agar tidak pecah.



Gambar 7.4. Pemasangan papan pengganjal

c. Pemasangan Kran

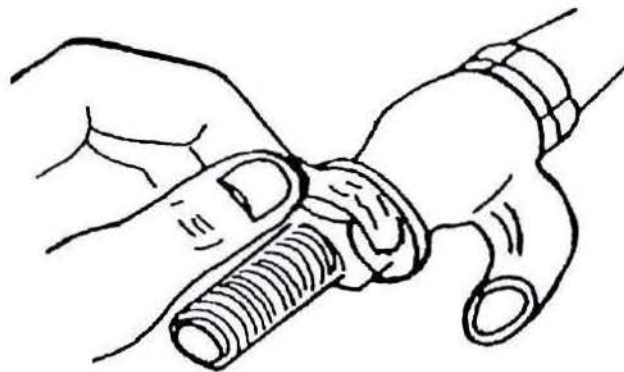
- 1) Longgarkan kran dan penutupnya untuk membuka sekrup pengencangnya.
- 2) Periksa sekrup pengencangnya dan periksa agar dapat berfungsi dengan baik.
- 3) Pasang kembali.
- 4) Jangan terlalu kencang/kuat sekali dalam pemasangan sekrup ini, secukupnya saja.
- 5) Gunakan dempul untuk mengolesi pinggiran kran guna menghasilkan aliran air yang lancar (tidak bocor).
- 6) Dapat juga dipakai penyekat dari paking plastik atau karet sebagai pengganti dempul.
- 7) Pasang kran dan kunci dengan mur dan waser.



Gambar 7.5. Pemasangan kran air

d. Sambungan Pipa Penyambung

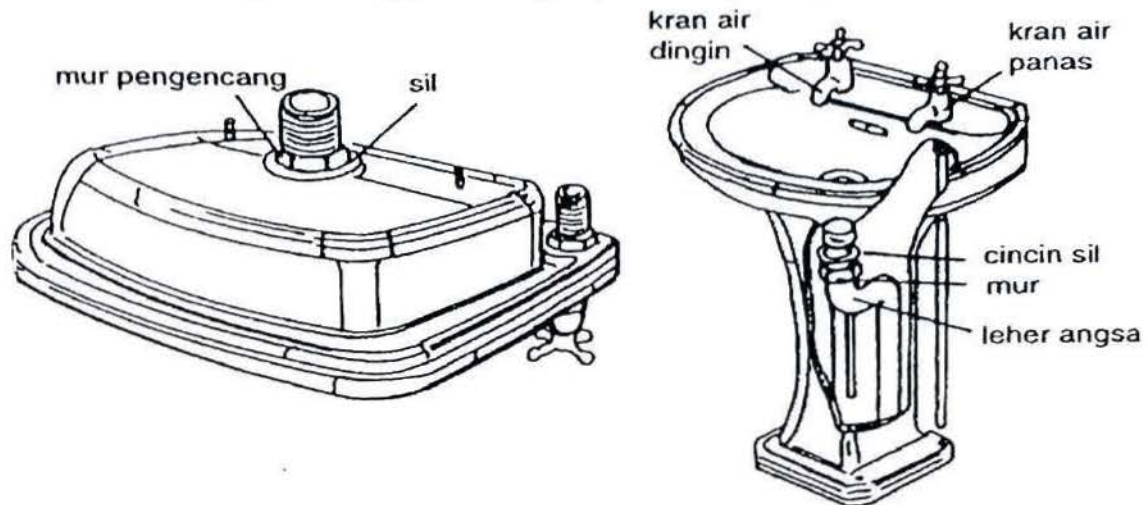
- 1) Pasang sambungan pipa pembuang ke baknya.
- 2) Pasang sil (penyekat) di alas baut pada sambungan pipa pembuang.
- 3) Keraskan mur tetapi jangan berlebihan (agar tidak retak/Pecah).
- 4) Jangan membiarkan dempul menumpuk di baut, pemakaian secukupnya saja.



Gambar 7.6. Pemasangan sil pada sambingan pipa penyambung

e. Saluran Pembuang

- 1) Pasang bak pada permukaan bantalan.
- 2) Hubungkan pipa penyangga ke kran dengan menggunakan penyambung yang disolder
- 3) Hubungkan pipa pembuang ke saluran pembuangan dengan menggunakan penyambung kompresi.

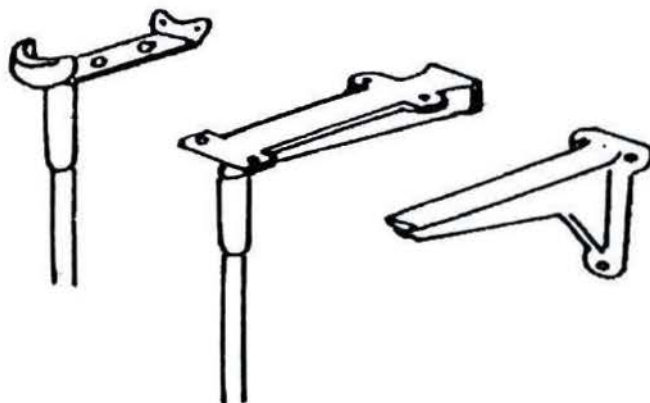


Gambar 7.7. Hubungan pipa penyangga dan pipa pembuang.

f. Penopang Bak

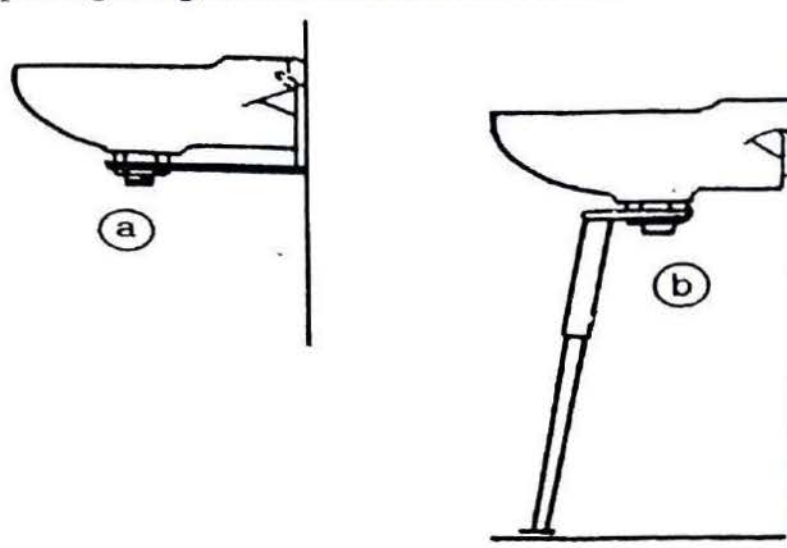
Bentuknya dapat berupa:

- 1) Dipegang langsung pada braket dari dinding.
- 2) Ditopang pada alas dasar bak.



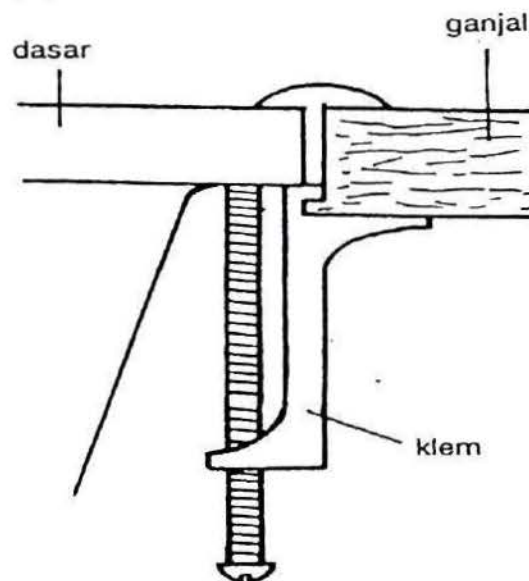
Gambar 7.8. Bentuk penopang bak wastafel

Bentuk penempelan wastafel ke dinding dapat dipasang dengan kaki atau berdiri sendiri.



Gambar 7.9. Bentuk penempelan wastafel ke dinding

Jika bak diganjal di semua tepi bak, lalu dipegang dengan penutup ujung yang terletak di tempatnya di sekitar penjepit.

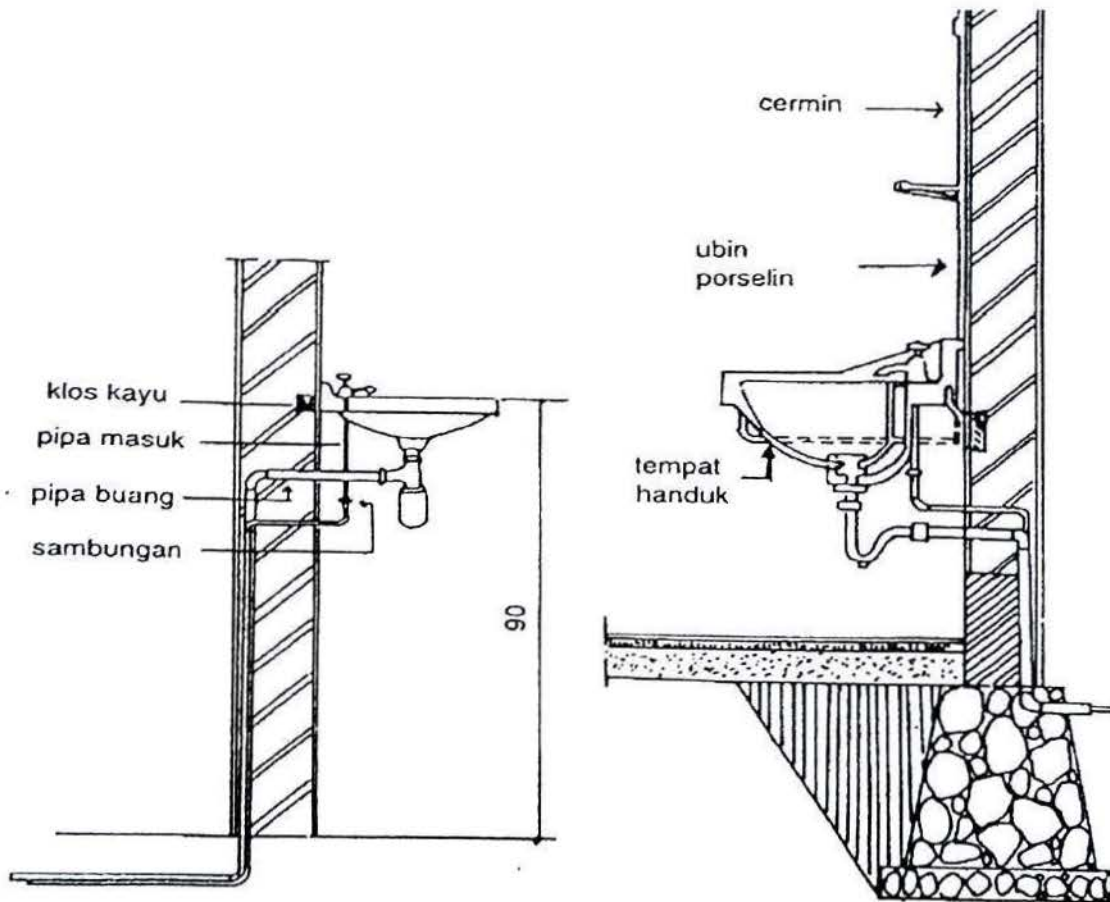


Gambar 7.10. Bentuk penempelan wastafel dengan penjepit di tepi bak.

g. Pemasangan Wastafel

Wastafel biasanya dibuat dari porselen atau logam yang dipasang pada dinding tembok yang disekrupkan dengan klos kayu yang ditanam di dalam dinding tembok atau dengan memakai mur baut, di mana kepala bautnya ditanam. Ada pula yang digantung dengan besi yang disekrupkan pada penggantal kayu yang ditanam dalam dinding tembok.

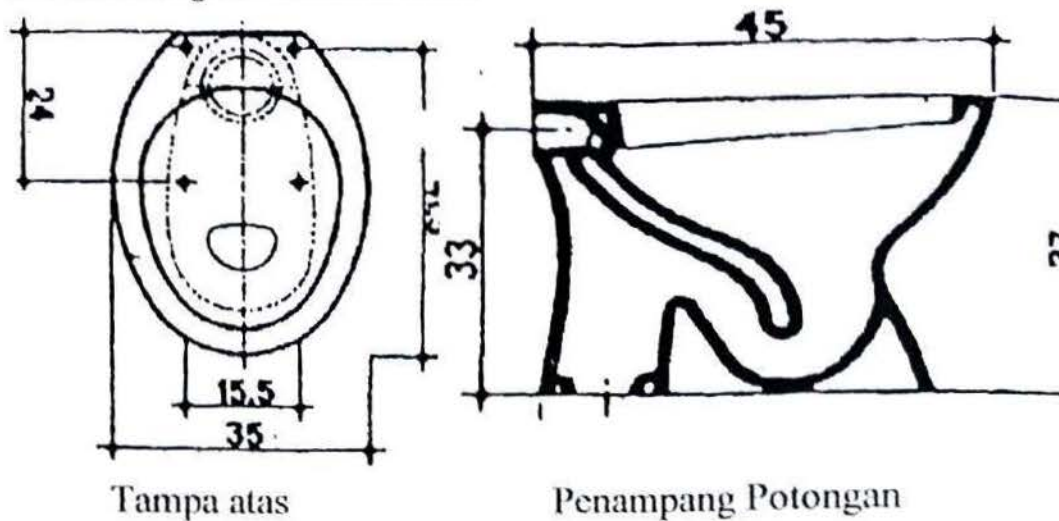
Kekuatan pasangan tidak sepenuhnya hanya oleh kekuatan sekrup saja, akan tetapi pipa pemasukan air dan juga pipa pembuangan merupakan pembantu akan kestabilan kedudukan wastafel.



Gambar 7.11. Pemasangan wastafel dengan ketinggian 90 cm.

C. PEMASANGAN KLOSET

1. Pemasangan Kloset Duduk



Gambar 7:12. Kloset duduk

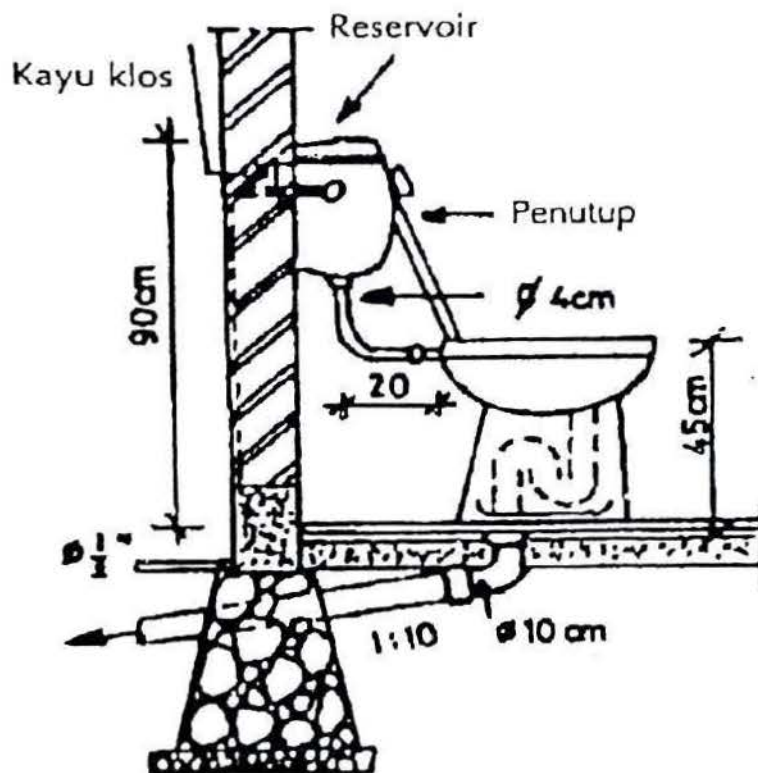
Kloset duduk itu bentuknya bermacam-macam, terutama dalam penempatan bak. Bak ada yang dipasang langsung menempel di atas bagian belakang dari kloset, ada yang dipasang tepat di belakang kloset pada dinding tembok kira-kira 30 cm di atas permukaan kloset, sedangkan bentuk lama dipasang tinggi di atas kloset. Perlu diperhatikan bahwa kloset duduk itu konstruksinya dibuat sedemikian rupa, sekaligus telah mempunyai pipa penahan bau sehingga dalam menempatkannya tidak perlu disambung lagi dengan bengkokan pipa sambung.

Seperti halnya dengan pemasangan kloset jongkok yang dasarnya rata dengan lantai, demikian juga halnya dengan penempatan kloset duduk. Untuk memperkuat kedudukan kloset duduk pada lantai, selain memakai adukan yang kuat, juga memakai baut yang ditanam kepalanya di bawah dasar kloset. Penempatan baut itu harus dilepas pada lubang yang terdapat pada samping dasar kloset.

Dalam pemasangan kloset duduk ini, sama juga dengan pemasangan kloset jongkok. Sebelum kloset ini dipasangkan, terlebih dahulu harus dipasang pipa pembuangan di mana pemasangan pipa pembuang dikerjakan bersama-sama dengan

pemasangan pondasi. Karena pemasangan kloset itu biasanya dikerjakan setelah pengerjaan lantai, maka untuk menunggu sampai lantai dipasang, lubang pipa pembuang itu ditutup sementara dengan kertas semen, untuk mencegah tertutupnya lubang itu sewaktu diadakan pengurugan tanah. Pipa pembuang itu juga harus diletakkan dengan tepat agar kloset itu dipasang/menyambung maka kedudukan kloset dengan pembuang akan tepat.

Untuk penempatan (pemasangan) bak penyiram pada dinding tembok, terlebih dahulu harus dipasang klos pada tembok itu untuk tempat penyekrupan bak penyiram itu pada tembok. Selanjutnya perlu diperhatikan juga pemasangan dari pipa air suplai. Hal tersebut harus direncanakan hingga mudah penyambungannya dengan bak penyiram. Baik untuk rumah tinggal biasa maupun bangunan-bangunan gedung, kloset biasanya ditempatkan pada suatu ruangan tersendiri. Ruangan yang berukuran 1 x 2 meter sudah cukup untuk penempatan sebuah kloset.



Gambar 7.13. Pemasangan klosed duduk

2. Pemasangan Kloset Jongkok

Dalam perdagangan, konstruksi dari kloset jongkok itu ada dua macam, yaitu yang langsung digabungkan dengan konstruksi penahan bau dan yang tidak langsung digabungkan dengan konstruksi penahan bau. Untuk yang langsung mempunyai konstruksi penahan bau, penempatan kloset langsung disambungkan pada pipa pembuang yang terlebih dahulu telah dipasang.

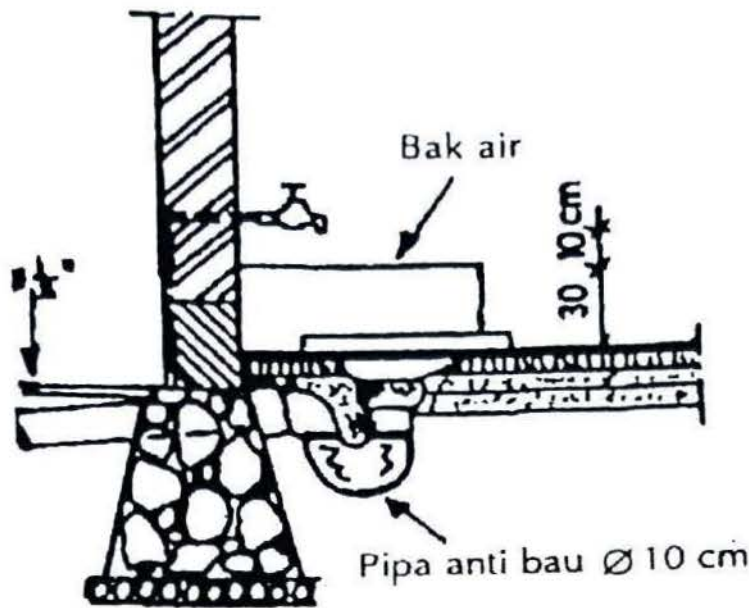
Di bawah ini akan dibahas cara pemasangan kloset jongkok yang tidak langsung digabungkan dengan konstruksi penahan bau. Dalam hal ini, diperlukan sebuah pipa penahan bau yang berbentuk leher angsa. Untuk pemasangan kloset ini biasanya dilakukan belakangan sesudah terlebih dahulu dipasang pipa penahan bau dan pipa pembuang lainnya. Jadi, sebelum kita memasang kloset terlebih dahulu kita memasang pipa penahan bau dan pipa pembuangannya.

Biasanya pipa pembuang dan pipa penahan bau, dipasang bersama-sama, ketika bangunan tempat kloset itu akan dipasang. Di samping itu, bersamaan pula dengan pemasangan pondasi. Apabila pipa pembuang itu dipasang setelah bangunannya jadi, merupakan suatu pekerjaan yang sulit untuk membongkar pondasi guna penempatan pipa pembuang.

Kloset jongkok biasanya dipasang sedemikian rupa hingga dasar dari kloset itu menumpang di atas lantai, atau kadang masuk 1 cm di bawah lantai. Biasanya pemasangan pipa penahan bau dan pipa pembuangannya dari pipa penahan bau itu harus diperhitungkan betul-betul.

Apabila nanti telah dipasang lantai dan kloset diletakkan maka ujung spigot dari kloset akan menyambung (masuk) dan *socket* dari pipa penahan bau dipasang terlalu rendah. Hal tersebut menyebabkan kloset tidak akan menyambung dengan *socket* dari pipa penahan bau itu. Sebaliknya jika pipa penahan bau dipasang terlalu tinggi, akibatnya spigot dari dasar kloset akan menyambung dengan *socket* dari pipa penahan bau, tetapi

dasar dari kloset tidak akan rata dengan lantai, tetapi akan lebih tinggi. Perlu juga diperhatikan bahwa pipa pembuang harus dipasang miring 1 : 100 sampai 1 : 60.



Gambar 7.14. Pemasangan kloset jongkok

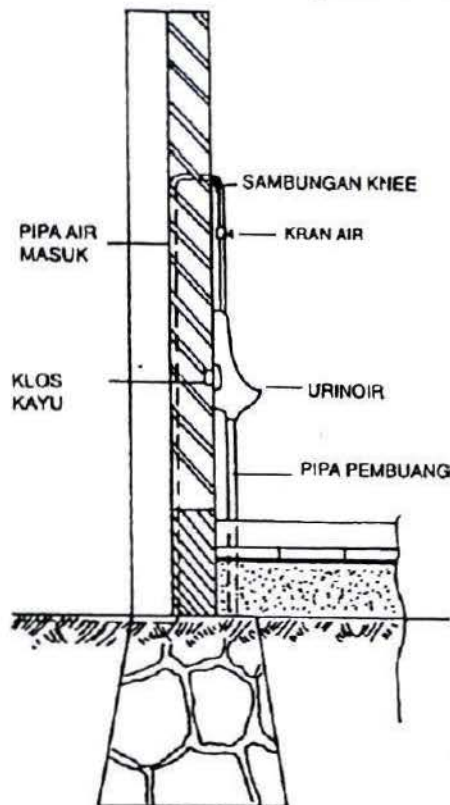
D. PEMASANGAN TEMPAT BUANG AIR KECIL LAKI-LAKI (URINOIR)

Pada rumah-rumah tinggal sederhana, kamar mandi atau WC sekaligus berfungsi sebagai tempat buang air kecil. Jadi, tidak dipasang urinoir yang khusus. Akan tetapi, pada rumah tinggal yang mewah dan bangunan lainnya seperti di gedung-gedung bioskop, gedung pertemuan serta bengkel industri/pabrik, urinoir itu dipasang dalam tempat tersendiri. Biasanya terpisah dari kamar mandi dan WC, tetapi biasanya berdekatan.

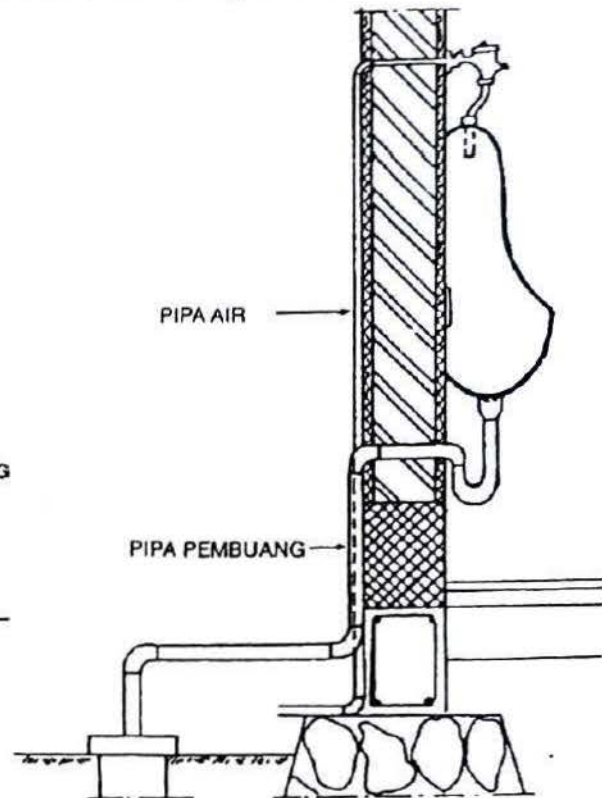
Jumlah penempatan urinoir pada tiap bangunan berbeda-beda, tergantung kebutuhannya, disesuaikan dengan jumlah orang yang akan menggunakannya. Jadi, dalam perencanaannya harus disesuaikan dengan fungsi bangunan itu. Untuk itu dapat kita gunakan buku Pedoman Plaming Indonesia sebagai petunjuk dalam perencanaannya. Urinoir itu

dapat dibuat dari pasangan batu atau pasangan beton (peturasan/palung). Lebih baik lagi jika urinoir itu dibuat dari bahan porselen, yang banyak dijual dalam berbagai bentuk dan kualitas.

Urinoir dipasang pada dinding tembok diperkuat dengan disekrupkan pada klos kayu yang ditanam dalam dinding tembok. Kedudukan urinoir itu akan lebih kuat pada dinding tembok karena selain diperkuat dengan sekrup, juga didukung oleh pipa pembuang dan pipa. Urinoir itu dipasang pada dinding tembok dengan ketinggian disesuaikan dengan keadaan setempat. Untuk ukuran orang-orang Indonesia, urinoir itu diletakkan dengan ketinggian minimal 50 cm di atas lantai. Sementara itu untuk ukuran orang Eropa, penempatannya itu lebih tinggi dari ukuran di atas. Bentuk dan konstruksi pemasangan urinoir adalah sebagai berikut:



Gambar 7.15. Pemasangan urinoir cara 1



Gambar 7.16. Pemasangan urinoir cara 2

E. PEMASANGAN BAK CUCI PIRING (ZINK)

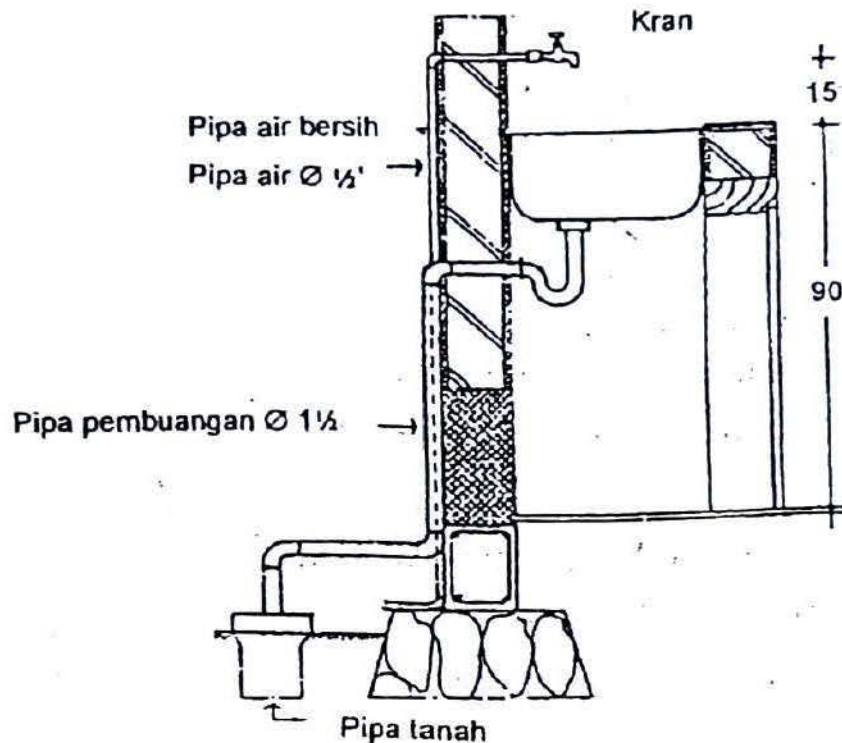
Bak cuci piring dapat dibuat dari bermacam-macam bahan, seperti dari susunan batu bata yang diplester kedap air atau dilapisi dengan porselin, konstruksi beton, dan bahan dari logam seperti yang banyak dijual di pasaran. Bentuknya dan ukurannya bermacam-macam.

Berikut di bawah ini pemasangan bak cuci piring yang terbuat dari bahan logam. Dalam pemasangannya perlu diperhatikan, antara lain tinggi peletakan bak dari lantai, pipa pembuangan, tinggi kran air dari bibir bak.

- a. Tinggi bak dibuat sedemikian rupa agar mudah dipergunakan, jangan terlalu tinggi dan jangan terlalu rendah.
- b. Pipa pembuangan harus cukup besar, biasanya 1¹/₄" - 1¹/₂" dibuat dari pipa galvanis. Bagian atas pipa pembuang harus memakai saringan, juga memakai konstruksi penahan bau bentuk leher angsa atau bentuk kantong.
- c. Jarak antara mulut kran dengan bibir bak minimal 5 cm dan maksimal 25 cm terlalu dekat jaraknya sukar dipergunakan;

Apalagi jika mulut kran sampai rata dengan bibir bak itu tidak diperbolehkan. Hal ini, untuk mencegah terserapnya air dari bak ke dalam pipa melalui kran, jika air dalam bak terisi penuh. Terlalu tinggi antara mulut kran dengan bibir bak juga tidak baik karena air akan menyembur keluar jika jatuh di dasar bak.

Peletakan kedudukan bak cuci piring yang terbuat dari logam dapat dibuat dari konstruksi batu bata atau dapat dibuat dari konstruksi kayu. Apabila terbuat dari konstruksi kayu, lebih praktis karena bagian bawah dari peletakan bak itu dapat dibuat lemari tempat penyimpanan perabotan.

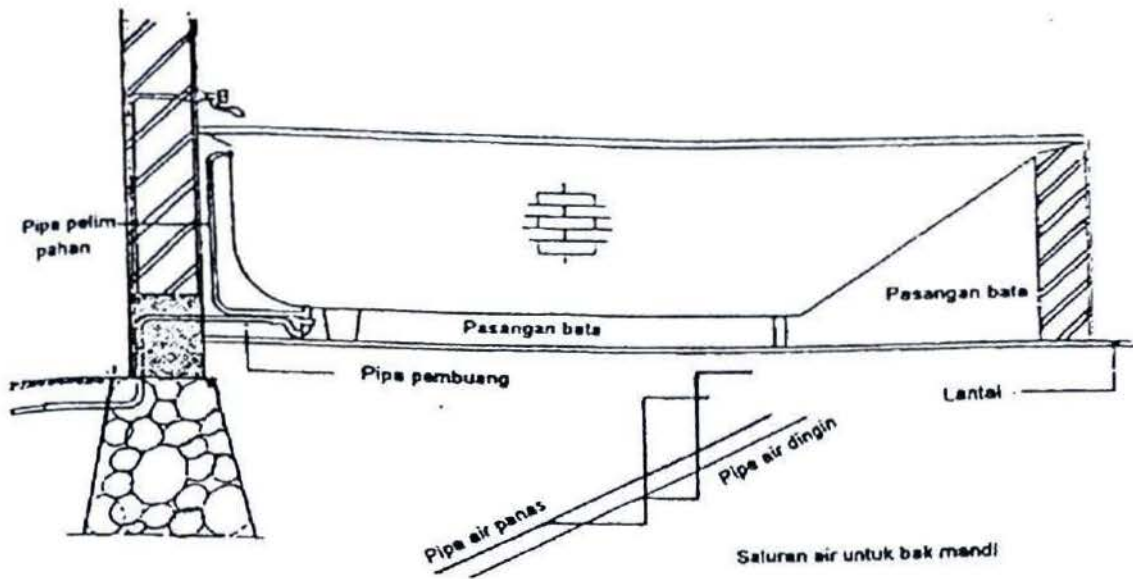


Gambar 7.17. Pemasangan bak cuci piring (sink)

F. PEMASANGAN BAK MANDI RENDAM (BATH TUB)

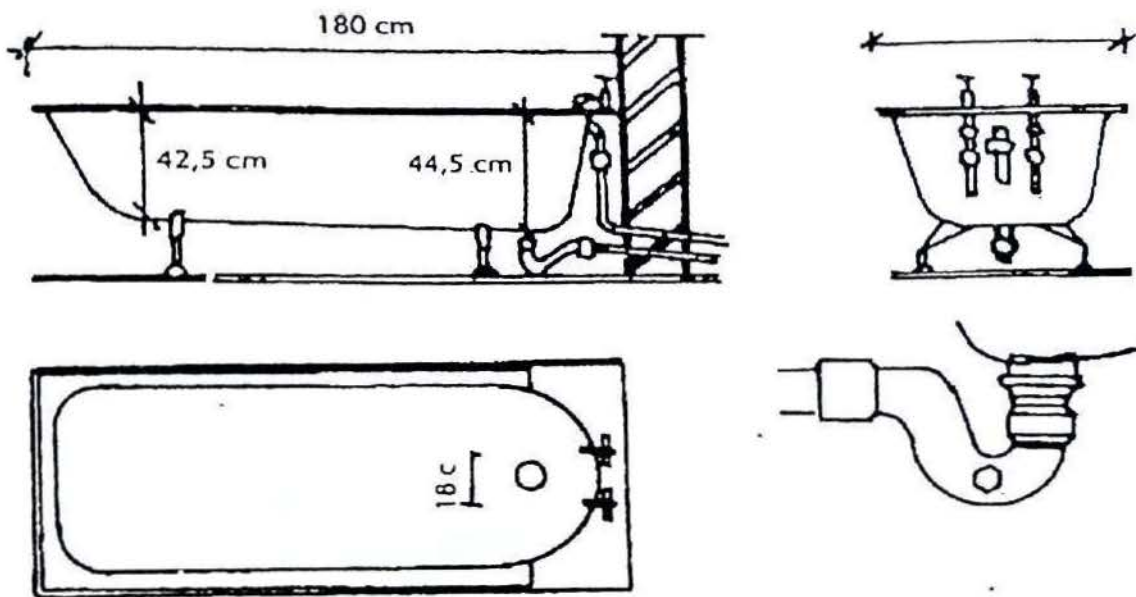
Bath Tub terbuat dari plastic, porselen atau bahan logam dalam bentuk yang bermacam-macam. *Bath tub* tidak langsung dapat dipakai, tetapi perlu dibuatkan landasan untuk penempatan *bath tub* tersebut. Landasannya biasanya dibuat dari pasangan batu bata yang panjang dan lebarnya sama dengan ukuran *bath tub*. Untuk ukuran panjangnya kadang-kadang dlebihkan dari panjang *bath up* itu sendiri.

Pada *bath tub* disalurkan air panas dan air dingin melalui dua pipa dan dua kran yang dirangkaikan menjadi satu. Kran air panas dipasang di sebelah kiri dan kran air dingin dipasang sebelah kanan. Kran-kran itu dipasang kira-kira setinggi 10-15 cm di atas bibir bak, dan pada sebelah ujung bak terdapat lubang pembuangan yang terletak pada dasar bak. Bentuk penampang *bath up* terpasang sebagai berikut.



Gambar 7.18. Bentuk penampang *bath up* kondisi terpasang

Bentuk penempatan dan pemasangan bath tub adalah sebagai berikut.



Gambar 7.19. Bentuk penempatan dan pemasangan bath tub

G. PEMELIHARAAN PERANGKAT PLAMBING DAN SANITER

I. *Pemeliharaan Toilet*

Pemeliharaan yang dilakukan antara lain:

- 1) Sebelum pekerjaan dimulai, siapkan peralatan kerja selengkapnya, yaitu: ember, *toilet bowl brush*, kain majun, tapas, *stick mop*, *bowl cleaner*, *tissue roll*, sabun cair (*liquid hand soap*), *wiper glass*, *floor cleaner*, lap kaca, dan *hand sprayer*.
- 2) Sistem pembersihan searah perputaran jarum jam, mulai dari pintu masuk. Prosedur pembersihan dilakukan dari bagian atas menuju ke bagian bawah.
- 3) Kosongkan dan bersihkan semua tempat sampah, asbak, atau *standing ashtray* yang ada di toilet dengan sempurna.
- 4) Bersihkan *urinoir*, *wastafel*, serta *toilet bowl* bagian luar dan bagian dalam. Untuk posisi yang sulit dilihat, gunakan pantulan cermin. Setelah bilas, lalu keringkan kembali.
- 5) Bersihkan daun *pjDtu*, dinding, ruang kloset bagian luar atau dalam toilet dengan sempurna. Setelah bilas, lalu keringkan kembali.
- 6) Isi kembali *soap dispenser* yang kosong atau kurang. Jika telah 2 (dua) minggu dispenser dikosongkan dahulu/cuci bersih baru diisi kembali dengan sabun cair.
- 7) Isi kembali *roll tissue* yang sudah tipis atau basah terkena siraman air.
- 8) Bersihkan tempat wudhu berikut keran airnya. Buka saluran air pembuangan, lalu bersihkan kotoran yang menyumbat saluran.

- 9) Bersihkan noda-noda pada dinding keramik toilet dengan menggunakan lap basah yang bersih ditambah *floor cleaner*, bilas, lalu keringkan.
- 10) Bersihkan *exhaust fan calmic*, *hand drier*, dan rak lemari.
- 11) Bersihkan *shower room/keran shower/shower/shower pan*, bilas dan keringkan.
- 12) Bersihkan ember atau gayung toilet (kalau ada) secara periodik mingguan. Kosongkan ember lalu cuci bersih berikut gayungnya dengan *floor cleaner*.
- 13) Bersihkan kaca cermin (*wall mirror*) dengan lap bersih (*wiper glass*), lalu semprotkan *glass cleaner* dari dalam *bottle sprayer*.
- 14) Pel lantai keramik dengan air bersih dicampur *ceramic cleaner* dengan perbandingan 1:20. Posisi dari dalam menyamping, lalu mundur ke arah pintu keluar.
- 15) Lakukan *general cleaning* minimal sebulan sekali, terutama untuk pembersihan lantai keramik dengan mesin *poles*. Gunakan *scrubbing pad* untuk membersihkan nat-nat lantai keramik. Poles *handle* pintu dengan *metal polish*.
- 16) Bersihkan keset *nomad entrance* dengan pengisap debu (*vacuum*). Cuci setiap Sabtu.
- 17) Lakukan pembersihan dan pengeringan toilet setiap kali digunakan.

2. Pemeliharaan Saluran Air Kotor

Pemeliharaan yang dilakukan antara lain:

- 1) Periksa saluran tegak air kotor pada bangunan, terutama saluran yang menggunakan bahan PVC. Periksa setiap sambungan yang menggunakan lem sebagai penyambungannya.

- 2) Bila ada kebocoran, segera tutup kembali. Cara perbaikannya adalah buat kasar permukaan yang retak atau ujung sambungan dengan menggunakan ampelas kasar, selanjutnya beri lem PVC.
- 3) Pada saluran air kotor pada sekitar bangunan:
 - a) Lem kembali dengan lem PVC sejenis dengan pipa atau balut dengan karet bekas ban dalam motor untuk darurat sehingga aliran tidak bocor.
 - b) Jalankan kembali aliran air bersih yang ada.

3. *Pemeliharaan Tempat Cuci Tangan (Wastafel), Bak Mandi (Bathtub), Semprotan Air (Shower), Kloset Duduk, dan Kloset Jongkok*

Pemeliharaan yang dilakukan antara lain:

- 1) Periksa wastafel dan saluran pembuangan air di toilet/WC, berfungsi dengan baik atau tidak.
- 2) Periksa bagian tersebut dari penyumbatan, kebocoran, dan sebagainya.
- 3) Periksa pula apakah keran-keran air sudah berfungsi dengan baik dan tidak menetes serta panel pelindung tahan air pada dinding toilet/WC tidak rusak, lalu perbaiki atau ganti. Kencangkan bagian-bagian yang rusak atau longgar.
- 4) Periksa kloset jika berfungsi dan dalam keadaan baik atau tidak tersumbat. Jika ada tempat penampung air di atas kloset untuk membilas, pastikan alat-alat mekaniknya berfungsi dengan baik.
- 5) Periksa pipa-pipanya dari kebocoran. Perbaiki atau ganti bagian-bagian yang bocor atau rusak.
- 6) Apabila menggunakan bak penampung air bersih, periksa bak penampungan air bersih dari kebocoran. Bersihkan bagian dalamnya jika perlu. Periksa pipa-pipanya dari kebocoran maupun penyumbatan. Perbaiki

atau ganti, lalu kencangkan bagian-bagian pipa bila ada yang rusak atau longgar. Berilah sambungan rapat (*seal*) pada bagian atas bak penampung jika bak menempel pada dinding supaya tidak bocor jika diperlukan.

- 7) Alat kebersihan dapat menggunakan sabun atau bahan pembersih lain yang tidak korosif dan dilakukan setiap hari.
- 8) Gosok dengan spon plastik atau gunakan sikat yang lembut. Bilas dengan air bersih. Kemudian, keringkan dengan kain lap yang bersih.
- 9) Lengkapi dengan tempat sampah ruangan kamar mandi yang tersedia.

4. *Pemeliharaan Pemanas Air (Waterheater)*

Pemeliharaan yang dilakukan antara lain:

- 1) Matikan aliran listrik, gas, atau sumber daya pemanas.
- 2) Alirkan dari keran air panas, air selama 10 menit agar kotoran yang ada dalam tangki *waterheater* menjadi bersih.
- 3) Adakan servis sesuai dengan petunjuk pemasangan setiap 4 tahun sekali.
- 4) Usahakan pembersihan lebih sering bila menggunakan air sumur yang tidak diolah terlebih dahulu.
- 5) Apabila menggunakan sumber air sumur maka periode pembersihan tangki sebaiknya dilakukan setiap 2 minggu, tetapi apabila menggunakan sumber air dari PDAM, dapat dilakukan setiap 2 bulan.

5. *Pemeliharaan Keran Air Dingin, Keran Air Panas*

Pemeliharaan yang dilakukan antara lain:

- 1) Periksa sekurangngnya setiap 2 bulan setiap keran yang ada.

- 2) Kencangkan baut pengencang putaran keran.
- 3) Ganti bila perlu *seal* atau karet pada batang putar ulir keran.
- 4) Tidak menggunakan bahan pembersih keramik untuk membersihkan lapisan pernekel agar lapisan ini tidak rusak.

6. Pemeliharaan Bak Cud Piring (Sink)

Pemeliharaan yang dilakukan antara lain:

- 1) Bersihkan setiap kali sesudah dipergunakan atau sekurangnya setiap hari.
- 2) Gunakan plastik spon yang halus dan sabun atau deterjen.
- 3) Jangan menggunakan ampelas (*paper sand*) untuk membersihkan permukaan.

7. Pemeliharaan Saringan Air Lantai

Pemeliharaan yang dilakukan antara lain:

- 1) Periksa setiap hari saringan air yang terdapat pada lantai kamar mandi atau WC.
- 2) Usahakan selalu terdapat air pada saringan yang bersangkutan untuk mencegah masuknya hawa yang tidak sedap dalam ruangan (kamar mandi).
- 3) Perbaiki atau ganti tutup saringan bila telah rusak.
- 4) Bersihkan dari bahan yang menempel pada lubang ujung saluran. Apabila kotor, bersihkan.

8. Pemeliharaan Septik Tank

Pemeliharaan yang dilakukan antara lain:

- 1) Cegah setiap pembuangan bahan yang tidak larut ke dalam septik tank.

- 2) Jangan membuang air bekas mandi yang mengandung sabun atau deterjen ke dalam septik tank.
- 3) Periksa pada bak kontrol bila septik penuh dan sedot setiap 6 bulan sekali.

BAB VIII

KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA (K3)

A. PENGANTAR KESELAMATAN KERJA

Keselamatan kerja telah menjadi diperhatikan sejak zaman dahulu. Menurut Suhendro (2003) Hammurabi, raja Babilonia pada tahun 2040 SM telah membuat dan memberlakukan suatu peraturan bangunan yang dikenal sebagai *The Code of Hammurabi*. Beberapa pasal dalam peraturan tersebut antara lain: (a) apabila seseorang membuat bangunan dan bangunan tersebut runtuh sehingga menimbulkan korban jiwa maka pembuat bangunan tersebut harus dihukum mati dan (b) apabila bangunan yang dibuat runtuh dan menimbulkan kerusakan pada hak milik orang lain maka pembuat bangunan harus mengganti semua kerusakan yang ditimbulkannya. Jadi aspek keamanan telah menjadi persyaratan utama yang mutlak harus dipenuhi sejak zaman dahulu kala. Kemudian 5 abad kemudian, Mozaik raja setelah Hammurabi mengharuskan para ahli bangunan bertanggung jawab pula pada keselamatan para pelaksana dan pekerjanya. Masalah-masalah keselamatan kemudian meluas ke Yunani, Romawi dan lain-lain, misalnya di Perancis tahun 1840, Inggris tahun 1844, Belgia tahun 1810, Denmark dan Swiss tahun 1877, Amerika Serikat tahun 1886, dan sebagainya. Selanjutnya diadakan konggres-konggres internasional di Paris tahun 1889, di Bern tahun 1891 dan di Milan tahun 1894. Pada abad sembilan belas, di tahun 1904 perhatian terhadap kecelakaan dan kondisi kerja di dalam pekerjaan pembangunan diadakan untuk melayani permintaan masyarakat, tetapi sampai 1926 peraturan pembangunan yang telah dihasilkan adalah dalam lingkup terbatas yaitu hanya diberlakukan bagi lokasi yang di atasnya ada gaya mekanis yang digunakan. Menurut Davies (1996) dari 1930 sampai 1948 peraturan-peraturan tersebut telah menjadi ketinggalan jaman akibat pengaruh dan intervensi Perang Dunia Kedua. Sehingga pada akhirnya dikenal istilah keselamatan dan kesehatan kerja.

Keselamatan dan kesehatan kerja (K3) merupakan instrumen yang memproteksi pekerja, perusahaan, lingkungan hidup, dan masyarakat sekitar dari bahaya akibat kecelakaan kerja. Perlindungan tersebut merupakan hak asasi yang wajib dipenuhi oleh perusahaan. K3 bertujuan mencegah, mengurangi, bahkan menihilkan risiko kecelakaan kerja (zero accident). Penerapan konsep ini tidak boleh dianggap sebagai upaya pencegahan kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja yang menghabiskan banyak biaya (cost) perusahaan, melainkan harus dianggap sebagai bentuk investasi jangka panjang yang memberi keuntungan yang berlimpah pada masa yang akan datang.

Dari perspektif hukum dan peraturan perundangan, K3 dapat dipandang dari tiga aspek utama hukum yaitu norma keselamatan, kesehatan kerja, dan kerja nyata. Norma keselamatan kerja merupakan sarana atau alat untuk mencegah terjadinya kecelakaan kerja yang tidak diduga yang disebabkan oleh kelalaian kerja serta lingkungan kerja yang tidak kondusif. Konsep ini diharapkan mampu menihilkan kecelakaan kerja sehingga mencegah terjadinya cacat atau kematian terhadap pekerja, kemudian mencegah terjadinya kerusakan tempat dan peralatan kerja. Konsep ini juga mencegah pencemaran lingkungan hidup dan masyarakat sekitar tempat kerja. Norma kesehatan kerja diharapkan menjadi instrumen yang mampu menciptakan dan memelihara derajat kesehatan kerja setinggi-tingginya. K3 dapat melakukan pencegahan dan pemberantasan penyakit akibat kerja, misalnya kebisingan, pencahayaan (sinar), getaran, kelembaban udara, dan lain-lain yang dapat menyebabkan kerusakan pada alat pendengaran, gangguan pernapasan, kerusakan paru-paru, kebutaan, kerusakan jaringan tubuh akibat sinar ultraviolet, kanker kulit, kemandulan, dan lain-lain. Norma kerja berkaitan dengan manajemen perusahaan. K3 dalam konteks ini berkaitan dengan masalah pengaturan jam kerja, shift, kerja wanita, tenaga kerja kaum muda, pengaturan jam lembur, analisis dan pengelolaan lingkungan hidup, dan lain-lain. Hal-hal tersebut mempunyai korelasi yang erat terhadap peristiwa kecelakaan kerja.

Secara historis, eksistensi K3 muncul bersamaan dengan revolusi industri di Eropa, terutama Inggris, Jerman dan Prancis

serta revolusi industri di Amerika Serikat. Era ini ditandai adanya pergeseran besar-besaran dalam penggunaan mesin-mesin produksi menggantikan tenaga kerja manusia. Pekerja hanya berperan sebagai operator. Penggunaan mesin-mesin menghasilkan barang-barang dalam jumlah berlipat ganda dibandingkan dengan yang dikerjakan pekerja sebelumnya. Namun dampak penggunaan mesin-mesin tersebut meningkatkannya pengangguran serta risiko kecelakaan dalam lingkungan kerja. Ini dapat menyebabkan cacat fisik dan kematian bagi pekerja. Juga dapat menimbulkan kerugian material yang besar bagi perusahaan. Revolusi industri juga ditandai oleh semakin banyak ditemukan senyawa-senyawa kimia yang dapat membahayakan keselamatan dan kesehatan fisik dan jiwa pekerja (*occupational accident*) serta masyarakat dan lingkungan hidup. Meskipun pada awal revolusi industri, K3 belum menjadi bagian integral dalam perusahaan. Dimana pada era ini kecelakaan kerja hanya dianggap sebagai kecelakaan atau resiko kerja (*personal risk*), bukan tanggung jawab perusahaan. Kemudian konsep ini berkembang menjadi *employers liability* yaitu K3 menjadi tanggung jawab pengusaha, buruh/pekerja, dan masyarakat umum yang berada di luar lingkungan kerja.

Dalam konteks bangsa Indonesia, kesadaran K3 sebenarnya sudah ada sejak pemerintahan kolonial Belanda. Misalnya, pada 1908 parlemen Belanda mendesak Pemerintah Belanda memberlakukan K3 di Hindia Belanda yang ditandai dengan penerbitan *Veiligheids Reglement*, *Staatsblad* No. 406 Tahun 1910. Selanjutnya, pemerintah kolonial Belanda menerbitkan beberapa produk hukum yang memberikan perlindungan bagi keselamatan dan kesehatan kerja yang diatur secara terpisah berdasarkan masing-masing sektor ekonomi. Beberapa di antaranya yang menyangkut sektor perhubungan yang mengatur lalu lintas perketaapian seperti tertuang dalam *Algemene Regelen Betreffende de Aanleg en de Exploitate van Spoor en Tramwegen Bestmend voor Algemene Verkeer in Indonesia* (Peraturan umum tentang pendirian dan perusahaan Kereta Api dan Trem untuk lalu lintas umum Indonesia) dan *Staatblad* 1926 No. 334, *Schepelingen Ongevallen Regeling* 1940 (Ordonansi Kecelakaan Pelaut), *Staatsblad* 1930 No. 225, *Veiligheids Reglement* (Peraturan

Keamanan Kerja di Pabrik dan Tempat Kerja), dan sebagainya. Kepedulian tinggi pada awal zaman kemerdekaan, aspek K3 belum menjadi isu strategis dan menjadi bagian dari masalah kemanusiaan dan keadilan. Hal ini dapat dipahami karena Pemerintahan Indonesia masih dalam masa transisi penataan kehidupan politik dan keamanan nasional. Sementara itu, pergerakan roda ekonomi nasional baru mulai dirintis oleh pemerintah dan swasta nasional.

Secara resmi perkembangan peraturan perundangan K3 di Indonesia bersumber dari pasal 27 ayat 2 UUD 1945, terbit beberapa UU dan kemudian PP dan Keputusan Menteri, yang antara lain UU Kerja tahun 1951, UU Kecelakaan tahun 1951, PP tentang istirahat bagi pekerja tahun 1954, UU No. 1 tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja, UU No. 13 tahun 2003 tentang Ketenagakerjaan, Per Menaker No. 01/1980 tentang K3 pada Konstruksi Bangunan, SKB Men PU dan Menaker No. 174/Men/1986 – 104/kpts/1986 tentang Keselamatan & Kesehatan Kerja pada Tempat Kegiatan Konstruksi, Keputusan Men PU No. 195/kpts/1989 tentang K3 pada tempat konstruksi di lingkungan PU, Peraturan Menteri Tenaga Kerja Nomor : PER.05/MEN/1996 tentang Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja., Surat Edaran Menteri PU Nomor: 03/SE/M/2005 Perihal Penyelenggaraan Jasa Konstruksi untuk Instansi Pemerintah TA 2005. Walaupun telah banyak regulasi dan upaya yang dilakukan berkaitan dengan K3, namun tingkat kecelakaan di Indonesia masih sangat tinggi, terutama di sector konstruksi.

B. KECELAKAAN KERJA

Angka kecelakaan kerja di Indonesia masih termasuk buruk. Menurut Juan Somavia, Dirjen ILO, industri konstruksi termasuk paling rentan kecelakaan, diikuti dengan manufaktur makanan dan minuman. Penelitian yang dilakukan oleh Duff dan Alves Diaz dalam Suraji (2000) menyatakan hasil analisa statistik dari beberapa negara-negara menunjukkan peristiwa tingkat kecelakaan fatal pada proyek konstruksi adalah lebih tinggi dibanding rata-rata untuk semua industri. Dahulu para ahli menganggap suatu kecelakaan disebabkan oleh tindakan pekerja

yang salah. Sekarang anggapan itu telah bergeser bahwa kecelakaan kerja bersumber pada faktor-faktor organisasi dan manajemen. Para pekerja dan pegawai mestinya dapat diarahkan dan dikontrol oleh pihak manajemen sehingga tercipta suatu kegiatan kerja yang aman. Sejalan dengan teori-teori penyebab kecelakaan yang terbaru, maka pihak manajemen harus bertanggungjawab terhadap keselamatan kerja para pekerjanya. Artinya, kecelakaan kerja konstruksi masih memerlukan perhatian serius.

Kecelakaan merupakan kejadian yang tidak terduga (tidak ada unsur kesengajaan) dan tidak diharapkan karena dapat mengakibatkan kerugian, baik material maupun penderitaan bagi yang mengalaminya. Dikatakan kecelakaan kerja apabila kecelakaan yang terjadi dalam hubungan kerja, sejak seseorang meninggalkan rumah menuju tempat kerja, kembali ke rumah menempuh jalan yang biasa yang dilewati sehari-hari. Penyebab kecelakaan kerja dibagi menjadi 2, yaitu :

a. *Unsafe Action (tindakan tidak aman):*

adalah suatu tindakan yang memicu terjadinya suatu kecelakaan kerja. contohnya adalah : tidak menggunakan masker, merokok di tempat yang rawan terjadi kebakaran dan tidak mematuhi peraturan dan larangan K3

b. *Unsafe Condition*

berkaitan erat dengan kondisi lingkungan kerja yang dapat menyebabkan terjadinya kecelakaan. Banyak ditemui penyebab tercipta karena kondisi yang tidak aman seperti lantai yang licin dan tangga rusak

Klasifikasi Kecelakaan Kerja :

Secara umum jenis kecelakaan bagi manusia dibedakan, antara lain:

- 1) Terjatuh / terpeleset /terguling
- 2) Tertimpa benda
- 3) Tertumbuk
- 4) Terjepit/terlindas
- 5) Gerakan melebihi kemampuan
- 6) Pengaruh suhu

- 7) Terkena arus listrik
- 8) Terkena bahan-bahan berbahaya dan radiasi
- 9) Tertabrak
- 10) Terkena benturan keras
- 11) Tindakan yang tidak benar

Akibat-akibat kecelakaan, antara lain:

- 1) Patah tulang dislokasi (keseleo)
- 2) Regang otot
- 3) Memar dan luka dalam yang lain
- 4) Amputasi
- 5) Luka dipermukaan
- 6) Gegar otak dan remuk
- 7) Luka (bakar, kimia, radiasi) lainnya

C. TEORI PENYEBAB KECELAKAAN DAN MANAJEMEN K3

Kecelakaan menurut Hinze (1977) adalah kejadian merugikan yang tidak direncanakan, tidak terduga, tidak diharapkan serta tidak ada unsur kesengajaan. Terdapat beberapa teori yang menjelaskan penyebab suatu kecelakaan. Pada awalnya, teori penyebab kecelakaan memandang bahwa kecelakaan disebabkan oleh tindakan pekerja (orang) yang salah (misalnya pada *The Accident-Proneness Theory*). Namun sejak dikenalkannya *The Chain-of-Events Theory*, *The Domino Theory*, dan *The Distraction Theory*, maka pihak organisasi dan manajemenlah yang dianggap berperan sebagai penyebab suatu kecelakaan. Kecelakaan kerja yang bersumber kepada tindakan yang tidak aman yang dilakukan pekerja telah bergeser dengan anggapan bahwa kecelakaan kerja bersumber kepada faktor-faktor organisasi dan manajemen. Pihak manajemen harus bertanggungjawab terhadap keselamatan. Para pekerja dan pegawai mestinya dapat diarahkan dan dikontrol oleh pihak manajemen sehingga tercipta suatu kegiatan kerja yang aman. Suraji (2001) menegaskan bahwa perkembangan teori yang terbaru semakin memperlihatkan bahwa penyebab kecelakaan kerja semakin

komplek. Teori-teori tersebut antara lain *Multiple Caucation Model* dan *Constraint Response Theory*.

Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (MK3) adalah bagian dari sistem manajemen secara keseluruhan yang meliputi struktur organisasi, perencanaan, tanggung jawab, pelaksanaan, prosedur, proses dan sumber daya yang dibutuhkan bagi pengembangan, penerapan, pencapaian, pengkajian dan pemeliharaan K3 dalam rangka pengendalian risiko yang berkaitan dengan kegiatan kerja, guna terciptanya tempat kerja yang aman, efisien dan produktif. Berangkat dari kajian *Total Project Management* (ECI,1995), keselamatan perlu diintegrasikan dalam proyek, mulai dari konsepsi sampai proyek selesai (*from conception to completion*). Dikatakan selanjutnya bahwa kegiatan penilaian tentang keselamatan, kesehatan dan lingkungan perlu dimulai dari tahap perencanaan proyek (*project plan*), kontrak, evaluasi tender, konstruksi, sampai ke tahap pemeliharaan dan bahkan sampai ke perobohan (*demolition*). Konsep rasional *Total Safety Control* menurut Suraji (2004) adalah suatu pengintegrasian tindakan manajemen dan tindakan pelaksanaan yang sinergis untuk mempromosikan suatu proses konstruksi yang aman. Ada banyak pendekatan dalam manajemen K3, diantaranya menurut OHSAS 18001 dan TQM di mana keselamatan merupakan suatu pusat dan fokus integral dalam program pengendalian mutu terpadu yang harus ditingkatkan secara terus menerus untuk memenuhi kepuasan pelanggan (intern-ekstern).

Fungsi-fungsi manajemen K3 meliputi fungsi perencanaan, organisasi, pelaksanaan, dan pengawasan. Fungsi perencanaan, disamping terfokus pada tugas operasional juga harus mencakup usaha-usaha keselamatan dan kesehatan kerja (K3) yang dipersiapkan untuk pencegahan terjadinya kecelakaan. Tanggung jawab harus digariskan dengan tegas agar tidak terjadi kesimpangsiuran yang justru dapat membahayakan. Perlu pula menganalisis bahaya-bahaya apa saja yang mungkin akan timbul pada suatu pekerjaan dan cara mengatasinya. Dalam suatu kontrak kerja pekerjaan keinsinyuran perlu mencantumkan pasal-pasal yang mengatur secara preventif keselamatan kerja dengan merujuk UU dan peraturan yang berlaku. Fungsi organisasi memperlihatkan

perlunya dibentuk satuan tugas yang dapat melaksanakan K3 dengan baik. Untuk itu perlu disediakan kantor yang mencukupi dan organisasi yang memadai. Oleh karena itu dalam suatu perusahaan perlu dibentuk P2K3 (Panitia Penyelenggara K3) yang bertanggung jawab atas keselamatan dan kesehatan kerja.

Fungsi pelaksanaan memperlihatkan apa yang telah direncanakan dapat dilaksanakan secara konsisten. Karena kecelakaan yang terjadi sebagian besar ditimbulkan oleh faktor manusia, manajemen dituntut memberikan pengarahan pelaksanaan dan petunjuk yang jelas (*directing*) dan koordinasi. Banyak kecelakaan terjadi karena pekerja masih baru dan belum familiar dengan proses dan alat kerja. Untuk melaksanakan itu semua diperlukan ketrampilan manajemen antara lain komunikasi dan kepemimpinan, termasuk dalam memberikan training dan insentive terhadap keselamatan kerja dan pencegahan kecelakaan. Sedangkan fungsi pengawasan merupakan fungsi yang penting karena merupakan tindakan kontrol apakah semua yang direncanakan itu telah dilaksanakan, dan kendala serta persoalan-persoalan yang terjadi perlu segera dicari penyelesaiannya. Untuk menjamin bahwa sistem manajemen K3 dilaksanakan dengan baik, pengawas dari Kementrian Nakertran melaksanakan asesmen dan pengawasan yang antara lain meliputi (1) pembangunan dan pemeliharaan komitmen K3, (2) strategi dokumentasi dan pengendalian dokumen, (3) keamanan kerja dan sandart pemantauan, (4) pelaporan dan perbaikan kekurangan, (5) pengumpulan dan pemanfaatan data, (6) peningkatan kesadaran dan pelatihan karyawan/SDM. Implikasi pengawasan tersebut Kemnakertran menerbitkan sertfikan penerapan Sistem Manajemen K3 dengan benar dan baik untuk rentang waktu 3 tahun dan dapat ditinjau ulang jika diluar ketentuan yang berlaku.

D. PENCEGAHAN KECELAKAAN (PENINGKATAN KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA)

Persentase penyebab kecelakaan kerja: 3% dikarenakan sebab yang tidak bisa dihindarkan (seperti bencana alam), 24%

dikarenakan lingkungan atau peralatan yang tidak memenuhi syarat, dan 73% dikarenakan perilaku yang tidak aman. Cara efektif untuk mencegah terjadinya kecelakaan kerja adalah: (1) Dengan menghindari terjadinya enam perilaku tidak aman. (2) Mencegah kondisi lingkungan yang tidak aman. (3) Pendidikan keselamatan dan kesehatan kerja. (3) Penggunaan perlengkapan keselamatan kerja.

1. Berperilaku aman

Berkaitan dengan perilaku yang aman bagi seorang pekerja, maka seorang pekerja perlu melakukan beberapa aspek, yaitu:

- a. Memahami dan menjalan peraturan keselamatan dan kesehatan kerja.
- b. Mengetahui betul apa yang akan dikerjakan dan prosedur kerjanya.
- c. Memiliki pengetahuan tentang cara pemakaian peralatan kerja yang benar dan baik.
- d. Menguasai kontrol waktu dan sifat-sifat bahan.
- e. Tertanam dalam diri pekerja bahwa keamanan diri merupakan tanggungjawab utama pribadi.

Merujukan pada perilaku aman tersebut, maka perlu dihindari beberapa aspek perilaku kerja yang dapat mengundang terjadinya kecelakaan, antara lain:

- a. Sembrono dan tidak hati-hati dalam bekerja
- b. Tidak konsentrasi (focus)
- c. Tidak mematuhi peraturan
- d. Tidak mengikuti standar prosedur kerja.
- e. Tidak memakai alat pelindung diri
- f. Kondisi badan yang lemah

2. Mencegah kondisi lingkungan yang tidak aman.

Pencegahan kecelakaan dapat dilakukan dengan menciptakan kondisi yang aman di tempat kerja, karena sekitar 24% kecelakaan disebabkan oleh lingkungan atau peralatan yang

tidak memenuhi persyaratan. Penciptakan lingkungan yang aman dapat dilakukan dengan menciptakan:

- 1) Lokasi kerja yang memenuhi ruang gerak untuk bekerja.
- 2) Pastikan bagian atas ruang kerja tidak rentan jatuh/runtuh.
- 3) Lantai kerja yang kokoh dan tidak licin.
- 4) Ruang kerja yang cukup cahaya dan sirkulasi udara.
- 5) Tangga dan perancah yang kokoh.
- 6) Peralatan yang sesuai dengan jenis pekerjaan yang dikerjakan.
- 7) Peralatan yang berkualitas sesuai dengan standar alat.
- 8) Pastikan tidak ada kabel listrik yang rentan terbakar (diri maupun lingkungan)
- 9) Lokasi kerja yang tidak rawan bahan kimia dan radiasi.

3. *Pendidikan keselamatan dan kesehatan kerja*

Tujuan pendidikan keselamatan dan kesehatan kerja adalah mencegah terjadinya kecelakaan. Cara efektif untuk mencegah terjadinya kecelakaan, harus diambil tindakan yang tepat terhadap tenaga kerja dan perlengkapannya, agar tenaga kerja memiliki konsep keselamatan dan kesehatan kerja demi mencegah terjadinya kecelakaan.

1) Tujuan keselamatan dan kesehatan kerja:

Melindungi kesehatan tenaga kerja, meningkatkan efisiensi kerja, mencegah terjadinya kecelakaan kerja dan penyakit.

2) Sasaran dan arah keselamatan dan kesehatan kerja:

- a) Mengantisipasi keberadaan faktor penyebab bahaya dan melakukan pencegahan sebelumnya.
- b) Memahami jenis jenis bahaya yang ada di tempat kerja
- c) Mengevaluasi tingkat bahaya di tempat kerja
- d) Mengendalikan terjadinya bahaya atau komplikasi
- e) Mengantisipasi keberadaan faktor penyebab bahaya dan melakukan pencegahan sebelumnya.
- f) Memahami jenis jenis bahaya yang ada di tempat kerja
- g) Mengevaluasi tingkat bahaya di tempat kerja

- h) Mengendalikan terjadinya bahaya atau komplikasi.
 - i) Berbagai arah keselamatan dan kesehatan kerja.
- 3) Rujukan/acuan peraturan keselamatan dan kesehatan tenaga kerja:
Yang terutama adalah UU Keselamatan dan Kesehatan Tenaga Kerja dan Detail Pelaksanaan UU Keselamatan dan Kesehatan Tenaga Kerja.
- 4) Faktor penyebab bahaya/kecelakaan:
- a) Bahaya jenis kimia: terhirup atau terjadinya kontak antara kulit dengan cairan metal, cairan non-metal, hidrokarbon dan abu, gas, uap steam, asap dan embun yang beracun.
 - b) Bahaya jenis fisika: lingkungan yang bertemperatur panas dingin, lingkungan yang beradiasi pengion dan non pengion, bising, vibrasi dan tekanan udara yang tidak normal.
 - c) Bahaya yang mengancam manusia dikarenakan jenis proyek: pencahayaan dan penerangan yang kurang, bahaya dari pengangkutan, dan bahaya yg ditimbulkan oleh peralatan.
- 5) Cara pengendalian ancaman bahaya kesehatan kerja:
- a) Pengendalian teknik: mengganti prosedur kerja, menutup mengisolasi bahan berbahaya, menggunakan otomatisasi pekerjaan, menggunakan cara kerja basah dan ventilasi pergantian udara.
 - b) Pengendalian administrasi : mengurangi waktu pajanan, menyusun peraturan keselamatan dan kesehatan, memakai alat pelindung, memasang tanda-tanda peringatan, membuat daftar data bahan-bahan yang aman, melakukan pelatihan sistem penanganan darurat.
 - c) Pemantauan kesehatan : melakukan pemeriksaan kesehatan.

- 6) Mengapa diperlukan adanya pendidikan keselamatan dan kesehatan kerja?
 - a) Mencegah atau meminimalisir terjadinya kecelakaan di tempat kerja.
 - b) Meningkatkan kesadaran dan komitmen tentang pentingnya K3 dan MK3.
 - c) Meningkatkan pengetahuan tentang pendekatan dan strategi pelaksanaan K3 dan MK3

- 7) Bentuk pendidikan K3 dan MK3
 - a) Pendidikan lanjut bagi level pengelola (MK3)
 - b) Pelatihan.
 - c) Workshop
 - d) Bimbingan teknis (Bimteks)
 - e) Demonstrasi atau simulasi.

- 8) Tujuan pendidikan

Agar tenaga kerja memiliki pengetahuan dan kemampuan mencegah kecelakaan kerja, mengembangkan konsep dan kebiasaan pentingnya keselamatan dan kesehatan kerja, memahami ancaman bahaya yang ada di tempat kerja dan menggunakan langkah pencegahan kecelakaan kerja.

- 9) Sasaran/subyek pendidikan keselamatan dan kesehatan kerja
 - a) Petugas keselamatan dan kesehatan kerja
 - b) Manajer bagian operasional keselamatandan kesehatan kerja
 - c) Petugas operator mesin dan perlengkapan yang berbahaya
 - d) Petugas operator khusus
 - e) Petugas operator umum
 - f) Petugas penguji kondisi lingkungan kerja
 - g) Petugas estimasi keselamatan pembangunan
 - h) Petugas estimasi keselamatan proses produksi
 - i) Petugas penyelamat
 - j) Tenaga kerja baru atau sebelum tenaga kerja mendapat rotasi pekerjaan.

10) Prinsip analisa keselamatan dan kesehatan kerja

Mencari penyebab dari seluruh tingkat lapisan pekerjaan, dari lapisan umum sampai dengan pokok/detail. Penyebab kecelakaan diidentifikasi secara tuntas, hingga dapat diketahui penyebab utamanya dan mengidentifikasi alternatif solusi dan perbaikannya.

11) Pencegahan kecelakaan kerja



Untuk mencegah terjadinya kecelakaan kerja, sebelumnya harus dimulai dari pengenalan bahaya di tempat kerja, estimasi, tiga langkah pengendalian, dalam pengenalan bahaya perlu adanya konfirmasi keberadaan bahaya di tempat kerja, memutuskan pengaruh bahaya; dalam mengestimasi bahaya perlu diketahui adanya tenaga kerja di bawah ancaman bahaya pajanan atau kemungkinan pajanan, konfirmasi apakah kadar pajanan sesuai dengan peraturan, memahami pengendalian perlengkapan atau apakah langkah manajemen sesuai persyaratan; dalam pengendalian bahaya perlu dilakukan pengendalian sumber bahaya, dari pengendalian jalur bahaya, dari pengendalian tambahan terhadap tenaga kerja pajanan, menetapkan prosedur pengamanan.

12) Tindakan penanganan setelah terjadi kecelakaan kerja

Berdasarkan UU Perlindungan Tenaga Kerja dan penggunaan tenaga kerja, harus membantu tenaga kerjanya untuk mendaftar keikutsertaan asuransi tenaga kerja, demi menjamin keselamatan tenaga kerja. Selain itu, setelah terjadi kecelakaan kerja, pemilik usaha wajib memberikan subsidi kecelakaan kerja, apabila pemilik usaha tidak mendaftarkan tenaga kerjanya ikut serta asuransi tenaga kerja sesuai dengan UU Standar Ketenagakerjaan, maka pemilik usaha akan dikenakan sanksi hukum.

E. PENGGUNAAN PERLENGKAPAN KESELAMATAN KERJA

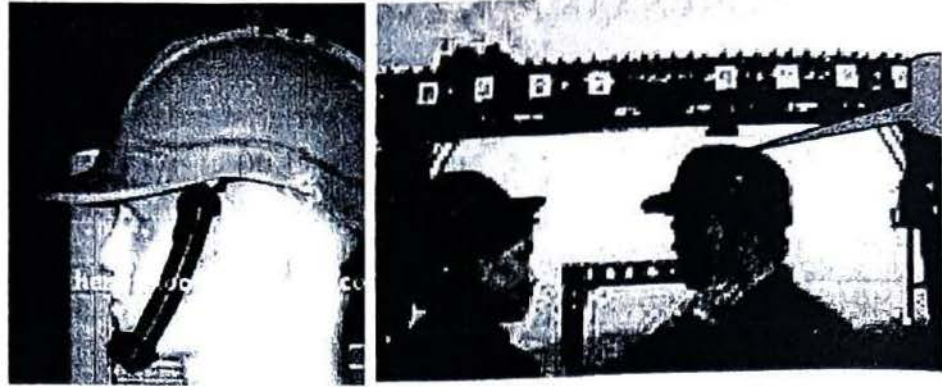
Berbagai jenis perlengkapan kerja standar termasuk kerja plambing dan sanitasi untuk melindungi pekerja dalam melaksanakan tugasnya antara lain sebagai berikut :

1	<i>Safety hat</i> , yang berguna untuk melindungi kepala dari benturan benda keras selama mengoperasikan atau memelihara AMP.	
2	<i>Safety shoes</i> , yang akan berguna untuk menghindarkan terpeleset karena licin atau melindungi kaki dari kejatuhan benda keras dan sebagainya.	
3	Kaca mata keselamatan, terutama dibutuhkan untuk melindungi mata pada lokasi pekerjaan yang banyak serbuk metal atau serbuk material keras lainnya.	
4	Masker, diperlukan pada medan yang berdebu meskipun ruang operator telah tertutup rapat, masker ini dianjurkan tetap dipakai.	
5	Sarung tangan, dibutuhkan pada waktu mengerjakan pekerjaan yang berhubungan dengan bahan yang keras, misalnya membuka atau mengencangkan baut dan sebagainya.	

Dalam kegiatan lapangan sehari-hari istilah-istilah alat perlengkapan K3 berkembang menjadi lebih kaya, seperti *Safety hat* menjadi *Safety helmet*, dan lain-lain, sebagai berikut:

1) Safety Helmet (Safety hat)

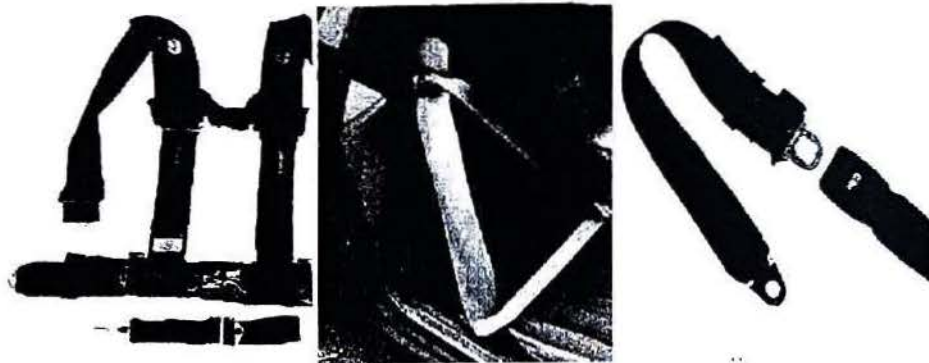
Berfungsi sebagai pelindung kepala dari benda yang bisa mengenai kepala secara langsung.



Helme

2) **Sabuk Keselamatan (safety belt)**

Berfungsi sebagai alat pengaman ketika menggunakan alat transportasi ataupun peralatan lain yang serupa (mobil, pesawat, alat berat, dan lain-lain)



3) **Sepatu Karet (sepatu boot)**

Berfungsi sebagai alat pengaman saat bekerja di tempat yang becek ataupun berlumpur. Kebanyakan di lapisinya dengan metal untuk melindungi kaki dari benda tajam atau berat, benda panas, cairan kimia, dsb.



4) Sepatu pelindung (safety shoes)

Seperti sepatu biasa, tapi dari bahan kulit dilapisi metal dengan sol dari karet tebal dan kuat. Berfungsi untuk mencegah kecelakaan fatal yang menimpa kaki karena tertimpa benda tajam atau berat, benda panas, cairan kimia, dsb.



65 KYRL 62
KALIN, 19
KLE

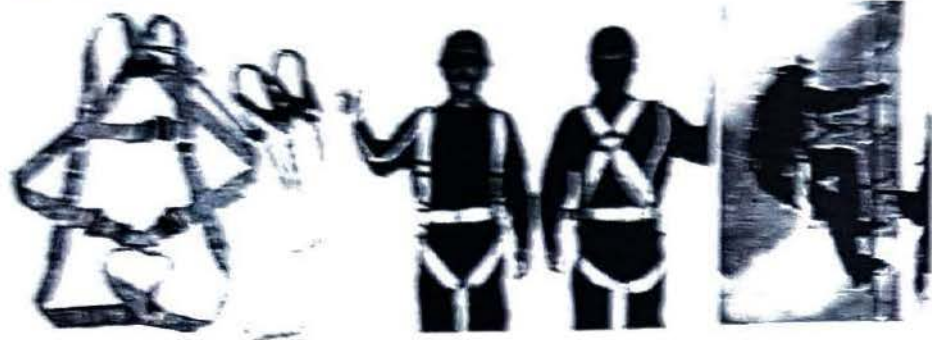
5) Sarung Tangan

Berfungsi sebagai alat pelindung tangan pada saat bekerja di tempat atau situasi yang dapat mengakibatkan cedera tangan. Bahan dan bentuk sarung tangan di sesuaikan dengan fungsi masing-masing pekerjaan.



6) Tali Pengaman (Safety Harness)

Berfungsi sebagai pengaman saat bekerja di ketinggian. Diwajibkan menggunakan alat ini di ketinggian lebih dari 1,8 meter.



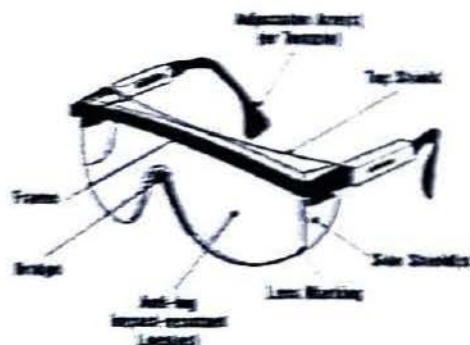
7) Penutup Telinga (Ear Plug / Ear Muff)

Berfungsi sebagai pelindung telinga pada saat bekerja di tempat yang bising.



8) Kaca Mata Pengaman (Safety Glasses)

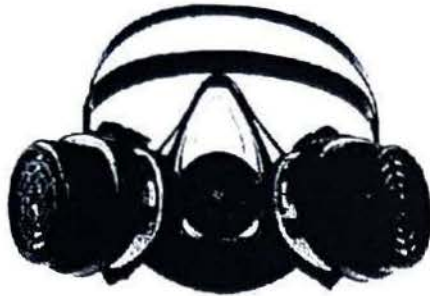
Berfungsi sebagai pelindung mata ketika bekerja (misalnya mengelas).



9) Masker (Respirator)

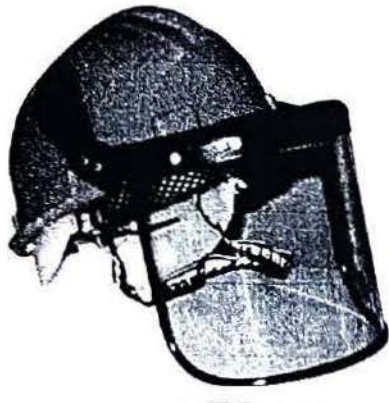
Berfungsi sebagai penyaring udara yang dihirup saat

bekerja di tempat dengan kualitas udara buruk (misal berdebu, beracun, dsb).



10) Pelindung wajah (Face Shield)

Berfungsi sebagai pelindung wajah dari percikan benda asing saat bekerja (misal pekerjaan menggerinda)



11) Jas Hujan (Rain Coat)

Berfungsi melindungi dari percikan air saat bekerja (misal bekerja pada waktu hujan atau sedang mencuci alat).



- 12) Semua jenis alat perlengkapan kerja tersebut harus digunakan sebagaimana mestinya sesuai dengan pedoman yang benar-benar memenuhi standar keselamatan kerja Kesehatan, Keselamatan Kerja dan Lingkungan (K3-L).

BAB IX

P E N U T U P

Buku ini berisi tentang konsep dasar dan pengetahuan tentang teknik plambing dan sanitasi, terutama berkaitan dengan perencanaan plambing dan sanitasi, peralatan yang digunakan dalam pekerjaan teknik plambing dan sanitasi, perencanaan instalasi air bersih dan air kotor pada suatu bangunan/gedung, cara penyambungan pipa instalasi air, pemasangan alat-alat sanitasi dan keselamatan kerja pada teknik plambing dan sanitasi. Plambing sudah dikenal sejak zaman Romawi Kuno, yaitu dengan mengembangkan sistem transportasi air dengan sistem pengaliran air bersih melalui "aqueduct". Pada saat ini Plambing dikenal dengan sistem penyediaan air bersih dan sistem penyaluran kotoran. Sistem plumbing terdapat pada sebagian besar rumah dan gedung. Sejalan dengan perkembangan waktu, sistem plambing berkembang dengan alat sanitasi yang perlatan dan bahannya sangat bervariasi. Banyak peralatan yang digunakan dalam pekerjaan plambing dan sanitasi diantaranya yaitu: meteran, siku, unting-unting, alat ulir pipa (sney), dan lain sebagainya. Setiap alat mempunyai macam dan bentuk yang berbeda-beda dan sesuai dengan fungsinya. Demikian juga dengan alat-alat sanitasi banyak macam bentuk dan fungsinya, seperti: shower, wastafel, bath tub, kloset, urinior, dan lainnya. Setiap macam alat sanitasi tersebut mempunyai bentuk dan ukuran yang bervariasi. Dalam perencanaan sistem plambing dan sanitasi pada suatu gedung atau bangunan harus diperhatikan denah bangunan, jennis dan fungsi bangunan serta jumlah perhuninya. Kesalahan dalam perencanaan sistem plambing dan sanitasi mengakibatkan kurang berfungsinya bangunan tersebut sesuai dengan yang diharapkan/direncanakan.

Penyediaan air minum dengan kualitas yang tetap baik merupakan prioritas utama. Banyak syarat yang harus dipenuhi agar suatu air minum memiliki kualitas yang baik. Syarat kualitas air dapat dilihat dari segi fisika, kimia, radioaktifa dan mikrobiologi. Sistem penyediaan air dingin meliputi beberapa peralatan seperti tangki air bawah tanah, tangki air diatas atap, pompa-pompa, perpipaan, dsb. Dalam peralatan ini, air minum

harus dapat dialirkan ketempat – tempat yang dituju tanpa mengalami pencemaran. Pencegahan pencemaran lebih ditekankan pada sistem penyediaan air dingin, dan inilah faktor terpenting ditinjau dari segi kesehatan. Hal – hal yang dapat menyebabkan pencemaran air antar lain, masuknya kotoran, tikus, serangga kedalam tangki; terjadi karat dan rusaknya bahan tangki dan pipa; terhubungnya pipa air minum dengan pipa lainnya; tercampurnya air minum dengan air dari jenis kualitas lainnya; aliaran balik (back flow) air dari jenis kualitas lainnya kedalam pipa air minum.

Air bersih yang dialirkan ke dalam rumah melalui pipa setelah digunakan akan tercemar karena bercampur dengan kotoran- kotoran. Demikian juga dengan air hujanakan tercemar dan menjadi kotor karena pada waktu perjalanan jatuh ke atap rumah bercampur dengan zat-zat lain yang ada di udara. Air bersih dan hujan yang telah tercemar ini dinamakan air kotor. Berdasarkan sumbernya, di bedakan antara air kotor yang berasal dari air buangan rumah tangga dan air kotor yang berasal dari air hujan. Air buangan rumah tangga adalah air kotor yang sebagian besar berasal dari limbah manusia dan bekas cuci, sedangkan air hujan yang berasal dari buangan atap rumah atau bangunan

Sistem pembuangan atau penyaluran air kotor (air buangan rumah tangga dan air hujan) harus direncanakan dengan baik agar tidak merusak bangunan rumah dan mengganggu kesehatan penghuninya. Dikenal dua macam sistem pembuangan air kotor, yaitu (1) sistem campuran dan (2) sistem terpisah. Agar suatu instalasi pipa air kotor dapat berfungsi dengan baik, konstruksinya harus memenuhi persyaratan yaitu: a) Pipa harus tersambung rapat dan kuat, b) Ventilasi atau aliran udara gas kotoran yang ada di dalam pipa harus disalurkan ke udara, c) Pada alat- alat saniter yang tidak mempunyai trap atau perangkat yang mencegah arus balik gas kotoran yang dibawa air kotor, harus disediakan perangkat sair (sifon), d) Pipa air kotor harus ditata dan dipasang sesuai dengan pedoman plambing yang berlaku. e) Instalasi pipa air kotor sebaiknya dilengkapi dengan lubang pembersih (lubang kontrol) pada tempat-tempat tertentu.

Terdapat berbagai macam pipa yang dapat digunakan untuk pembuatan instalasi pipa air kotor. Bahan dasar pembuatan pipa dapat diklasifikasikan: (1) plastik, (2) besi tuang, dan (3) asbes semen. Dari ketiga jenis, pipa plastik yang paling banyak digunakan, hal ini karena pipa plastik mempunyai kelebihan: (1) lebih ringan, (2) lebih murah, (3) tahan terhadap korosi, (4) lebih mudah dipasang, dan (5) dapat dibuat dengan sifat-sifat yang khusus. Satu kelemahan dari pipa besi tuang yaitu karat (*korosi*) karena terjadinya aksi karbon dioksida, belerang oksida, dan gas metana yang dibentuk oleh asam karbon (*carbonic acid*) dan asam belerang (*sulfuric acid*) dari air kotor yang mengalir dalam pipa. Zat-zat ini melalui reaksi kimia yang berlangsung secara perlahan-lahan atau oksidasi membentuk ferro oksida atau yang biasa disebut karat. Pipa asbes semen terbuat dari campuran asbes, semen, dan silikon, dengan beberapa keistimewaan sifatnya yaitu: tahan terhadap api, dan tahan terhadap pengaruh bahan-bahan kimia. Pipa asbes banyak digunakan sebagai pipa air kotor, terutama untuk menyalurkan (mengalirkan) air kotor yang banyak mengandung zat-zat kimia. Satu faktor yang perlu diperhatikan dalam perencanaan suatu instalasi pipa air kotor adalah besarnya ukuran diameter pipa air kotor dan pipa udara dari instalasi pipa tersebut. Penentuan besar diameter pipa-pipa tersebut pada hakikatnya sangat tergantung pada faktor: a) Nilai unit peralatan saniter yang digunakan; b) Waktu pengaliran air kotor oleh peralatan saniter (terus-menerus atau periodik); dan c) Beban maksimum air kotor dalam l/det, yang diperkirakan akan terjadi pada saat semua peralatan saniter yang terpasang di dalam bangunan terpasang.

Sanitasi (*sanitation*) berarti pemeliharaan kesehatan. Dalam teknik bangunan gedung, sanitasi adalah usaha penyaluran atau pembuangan, zat cair yang membahayakan kesehatan atau mengganggu lingkungan. Manfaat sanitasi adalah (1) Kelestarian lingkungan dapat dipertahankan atau setidaknya dapat dikendalikan dari kerusakan-kerusakan dan pencemaran. (2) Kesehatan lingkungan dapat dipertahankan atau setidaknya dapat dikendalikan dari kerusakan-kerusakan dan pencemaran. (3) Bahan-bahan buangan dapat dimanfaatkan. Alat Sanitasi atau perangkat saniter merupakan kelengkapan kebutuhan dasar manusia yang perlu ada

pada setiap bangunan yang dihuni manusia, baik itu rumah tinggal, pertokoan, perhotelan, kantor-kantor, sekolah-sekolah ataupun bangunan industri dan bengkel. Perangkat saniter berfungsi sebagai wadah untuk menerima air kotor atau air pembawa kotoran (pembilas kotoran) yang dihasilkan oleh manusia. Selain itu, peralatan saniter berfungsi juga sebagai alat untuk membawa air kotor dan/atau air pembawa kotoran ke dalam instalasi pipa air kotor. Secara umum peralatan saniter dapat dikelompokkan dalam tiga kelompok utama, yaitu (1) peralatan saniter kelompok perawatan badan (tubuh) manusia, (2) peralatan saniter kelompok penampung dan pengalir kotoran tubuh manusia, dan (3) peralatan saniter kelompok masak dan cuci. Peralatan saniter yang termasuk dalam kelompok perawatan badan manusia antara lain bak cuci tangan/muka (*wastafel*), bidet, alat mandi, dan bak mandi rendam. Peralatan saniter kelompok penampung dan pengalir air kototan tubuh manusia antara lain: urinal (peturasan) dan kloset (WC). Sedangkan peralatan saniter kelompok masak dan cuci antara lain: bak cuci piring (*sink*), bak cuci, dan mesin pencuci.

Pemasangan identik dengan cara, metode atau teknik yang digunakan agar perangkat saniter terpasang dengan baik dan benar. Kualitas pemasangan perangkat saniter menjadi persyaratan utama dalam instalasi plambing dan sanitasi. Terdapat beberapa prinsip yang harus dipenuhi dalam pemasangan perangkat-perangkat saniter, yaitu: (1) Pemilihan perangkat saniter yang berkualitas dan standar. (2) Memahami unsur-unsur, komponen, bahan dan peralatan yang diperlukan dalam pemasangan alat saniter. (3) Pemahaman tentang struktur proses pekerjaan dan pemasangan perangkat saniter. (4) Semua sambungan terhubung dengan sempurna. (5) Mengecek (tes) seluruh kelengkapan komponen, hubungan perangkat saniter dan penggunaannya. Pemasangan peralatan sanitasi (*sanitary fixtures*) yang lazim digunakan dalam bangunan gedung yang dihuni manusia adalah: (1) Pemasangan tempat cuci tangan dan muka (*wastafel*); (2) Pemasangan tempat buang air besar (*kloset*); (3) Pemasangan tempat buang air kecil khusus laki-laki (*urinoir*); (4) Pemasangan tempat cuci piring (*zink*); (5) Pemasangan bak mandi (*bath tub*). Pemasangan perangkat saniter dimulai dari perawatan awal peralatan,

pemasangan tempat sangkutan atau posisi alat saniter, pemasangan perangkat saniter dan pipa saluran pembuang, penyambungan pipa dan pemasangan kran air, pengetesan akhir penggunaannya pada tempo tertentu.

Pemeliharaan peralatan plambing dan sanitasi bertujuan untuk menjaga keawetan perangkat sanitasi dan dapat digunakan sesuai dengan fungsinya. Beberapa bagian dari perangkat plambing dan sanitasi yang rentan terjadi kerusakan antara lain pemeliharaan toilet (urinoir dan bidet); pemeliharaan saluran air kotor; pemeliharaan tempat cuci tangan (wastafel), bak mandi (bathtub), semprotan air (shower), kloset duduk, dan kloset jongkok, pemeliharaan pemanas air (waterheater); pemeliharaan keran air dingin, keran air panas; pemeliharaan bak cuci piring (sink); pemeliharaan saringan air lantai; dan pemeliharaan septik tank.

Keselamatan dan kesehatan kerja (K3) merupakan instrumen yang memproteksi pekerja, perusahaan, lingkungan hidup, dan masyarakat sekitar dari bahaya akibat kecelakaan kerja. Perlindungan tersebut merupakan hak asasi yang wajib dipenuhi oleh perusahaan. K3 bertujuan mencegah, mengurangi, bahkan menihilkan risiko kecelakaan kerja (zero accident). Penerapan konsep ini tidak boleh dianggap sebagai upaya pencegahan kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja yang menghabiskan banyak biaya (cost) perusahaan, melainkan harus dianggap sebagai bentuk investasi jangka panjang yang memberi keuntungan yang berlimpah pada masa yang akan datang. Dengan meningkatnya penggunaan alat-alat yang lebih canggih dan tantangan pekerjaan teknik sipil yang semakin sulit, maka angka kecelakaan kerja konstruksi bisa semakin tinggi. Sedangkan pada pihak pekerja, kebutuhan akan keselamatan kian menjadi tuntutan seiring dengan telah mulai terpenuhinya kebutuhan-kebutuhan dasar. Oleh karena itu harus ada upaya serius untuk mengurangi kecelakaan kerja konstruksi. Manajemen K3 sangat berperan dalam pencegahan kecelakaan di proyek konstruksi. Peran tersebut mulai dari perencanaan, pengorganisasian, pelaksanaan, pengawasan. Selanjutnya dapat pula ditinjau dari komponen manusia, material, uang, mesin/alat, metode kerja, informasi. Persentase penyebab kecelakaan kerja: 3% dikarenakan sebab yang tidak bisa

dihindarkan (seperti bencana alam), 24% dikarenakan lingkungan atau peralatan yang tidak memenuhi syarat, dan 73% dikarenakan perilaku yang tidak aman. Cara efektif untuk mencegah terjadinya kecelakaan kerja adalah: (1) Dengan menghindari terjadinya enam perilaku tidak aman. (2) Mencegah kondisi lingkungan yang tidak aman. (3) Pendidikan keselamatan dan kesehatan kerja. (3) Penggunaan perlengkapan keselamatan kerja.

DAFTAR PUSTAKA

- Daryanto, 2000. *Teknik Pekerjaan Pipa*, Jakarta: Bumi Aksara
- Daryanto, 2010. *Pengetahuan Dasar Teknik Plumbing (Masalah Instalasi Air Kotor)*, Bandung: PT. saran Tutorial Nurani Sejahtera.
- Higham, Tom, 1979. *Uniform Plumbing Code Illustrated Training Manual*. New York: Internasional Association of Plumbing and Mechanical Officials.
- Hinze, W. Jimmie, 1997. *Construction Safety*. Prentice-Hall, Inc.
- Ismaya, Bayu, Titut Wibisono. Nurhidayat, 2007, *Mangatasi Kerusakan Rumah*, Jakarta: Penerbit Penebar Swadaya.
- Kusjuliadi, Danang, 2007, *Mangatasi Kerusakan Rumah Tanpa Tukang*, Jakarta: Penerbit Penebar Swadaya.
- Mulyandari, Hestin dan Rully Adi Sahputra, 2011, *Pemeliharaan Bangunan: Basic Skill Facility Management*, Yogyakarta: Andi Offset.
- Notosugondo, Hidayat, et.al, 1979. *Pedoman Plumbing Indonesia 1979*, Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Sufyan M, dan Takeo Morimura. 1988. *Perancangan dan Perneliharaan System Plumbing*. Jakarta: PT Pradnyaparamita.
- Suhendro, Bambang, 2003. *Pengembangan Teknik Sipil Struktur Masa Depan dan Kaitannya dengan Bidang-bidang Lain*, pidato pengukuhan jabatan Guru Besar pada Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada, 5 April 2003.
- Suma'mur, 1981. *Keselamatan Kerja dan Pencegahan Kecelakaan*. Jakarta: Gunung Agung.
- Suraji, Akhmad dan A. Roy Duff, 2000. *Constraint-Response Theory of Construction Accident Causation*. The International Conference on Designing for Safety, ECI/CIB/HSE, London

- Suraji, Akhmad, *et. al.* 2001. *Development of Causal Model of Construction Accident Causation*. Journal of Construction Engineering and Management, July-August 2001
- Suraji, Akhmad, *et. al.* 2004. *Total Safety Control*. International Building Control Conference, Kualalumpur, Mei 2004.
- Susanta, Gatut, 2008. *36 Tips Mencegah & Mengatasi Kebocoran*, Jakarta: Griya Kreasi.

Peraturan Perundangan

- Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2002 Tentang Bangunan Gedung.
- Undang-Undang Nomor 13 tahun 2003 tentang Ketenagakerjaan
- Peraturan Pemerintah Nomor 16 Tahun 2005 Tentang Pengembangan Sistem Air Minum.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor: 29/PRT/M/2006 Tentang Pedoman Persyaratan Teknis Bangunan Gedung.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor : 24/PRT/M/2008 Tentang Pedoman Pemeliharaan Dan Perawatan Bangunan Gedung.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 06/Prt/M/2011 Tentang Pedoman Penggunaan Sumber Daya Air.
- Permennaker Nomor 01/1980 tentang K3 pada Konstruksi Bangunan
- Keputusan Menteri PU No. 195/kpts/1989 tentang K3 pada tempat konstruksi di lingkungan PU
- Peraturan Menteri Tenaga Kerja Nomor: PER.05/MEN/1996 tentang Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja,
- SKB Menteri PU dengan Menaker No. 174/Men/1986 – 104/kpts/1986 tentang Keselamatan & Kesehatan Kerja pada Tempat Kegiatan Konstruksi,
- Surat Edaran Menteri PU Nomor: 03/SE/M/2005 tentang Penyelenggaraan Jasa Konstruksi untuk Instansi Pemerintah.

SNI 03-6481-2000 Tentang Sistem Plambing

SNI 03-2398-2002 Tentang Tata Cara Perencanaan Tangki Septik Dengan Sistem Resapan

SNI 03-6379-2000 Tentang Spesifikasi Dan Pemasangan Perangkap Bau.

SNI T-15-2002 Tentang Tata Cara Perhitungan Harga Satuan Pekerjaan Pipa Dan Saniter.

INDEKS

A

A. Cumming 110
ABS 75
Air Kotor 2-10, 12, 15, 25,
26, 28, 50, 51, 60-91,
113, 145, 146, 169
Air Panas 9, 13, 15, 28, 39,
107, 142, 147, 173
Aliaran balik (back flow) 6,
25, 170
Aqueduct 2, 5, 169

B

Bak Cuci Piring (Zink) 126,
141, 142
Bath tub 5, 9, 105, 126
Bidet "Concord" 101
Bidet "Laguna" 100

C

Celah Udara 27, 28

E

Extruder 76

F

Fisika 6, 160, 169
Fitting 66, 67-73, 76-78, 81

G

Gergaji Kayu 124

H

Hujan 6, 60, 61, 86, 87

K

K3 9, 10, 150-155
Kakak Tua (Catut) 124
Kecelakaan Kerja 9, 10, 151,
153
Keselamatan Kerja 10, 150-
163
Kimia 6, 7, 75, 79, 81, 88, 89,
152, 155, 160, 164, 165,
169, 171
Kloset duduk 9, 110, 111-113
Kloset jongkok 9, 110, 111,
136, 138, 139
Koefisien Pengaliran Air (∞)
86, 87
Kran air 132

L

Linggis 124

M

Meteran 5, 115, 116
Mikrobiologi 6, 169

N

Nilai SW 82

P

- PE 75
- Pemakaian Air 40, 45, 46, 48, 55, 56
- Pencegah Pukulan Air 31, 32
- Pencegahan Kecelakaan 9, 10, 157
- Pencemaran 6, 8, 24, 25, 28, 44, 50, 52, 55, 89, 151, 170
- Perangkap 7, 12, 14, 15, 16, 17, 64-66
- Perlengkapan keselamatan 10, 158, 163, 174
- Pipa Asbes Semen 7, 74, 81, 171
- Pipa Besi Tuang 7, 30, 78-81
- Pipa Cabang 34, 62, 63, 66, 67, 68, 69, 71, 72, 83
- Pipa Induk 63, 66-70, 85
- Pipa Plastik 7, 74-78
- Pipa tegak Lurus 63, 66-73, 84, 85
- Pipa Udara (Ventilasi) 7, 14, 64, 69, 72, 73
- Pipa Udara Skunder 85
- Promer 73
- PT KIA Indonesia 95, 96, 97, 100-113
- PVC 30, 75, 76, 145, 146

R

- Radioaktifa 6, 169
- Rapiex 111
- Renaissance 3
- Romawi 2, 3, 5, 150, 169

S

- Sel Hidro 45
- Shower 5, 9, 102, 106, 145, 146, 173
- Siklus 4
- Siku 5, 70, 71, 119, 120, 129, 169
- Sil 132
- Siphon 65,
- Sistem Plambing 2, 5, 11-13, 17, 22-24, 169,
- Sistem Sambungan 34, 35, 40
- Sney 5, 169
- SNI 6, 12, 13, 18, 176
- Sungkup (Sekop) 123

T

- Talang 86, 87, 121
- Tangki Air 6, 24, 25, 27, 31, 49-59, 169
- Tangki Tekan 34, 35, 38, 40-43
- Tipe "Concord" 97
- Tipe "Rondalin" 98
- Tipe "Susan" 96
- Tipe "tulip" 99

U

- Undang-Undang 1, 3, 6, 176
- Unting-unting 5, 118, 119
- Urinoir 5, 9, 65, 82, 108, 109, 126, 139, 140, 144, 169, 172
- Wastafel 5, 8, 9, 65, 91, 92, 126-129

PLAMBING DAN SANITASI BANGUNAN GEDUNG

Buku ini berisi tentang teori, konsep, aplikasi serta aturan kebijakan pemerintah tentang sistem plambing dan sanitasi pada bangunan gedung. Para pembaca disugahi sejumlah informasi tentang pengantar plambing, siklus air, kebijakan dan standar plambing dan sanitasi, perencanaan sistem penyediaan air bersih, sistem pembuangan air kotor, bahan dan penyambung pipa instalasi air, perangkat sanitasi untuk perawatan, peralatan dan bahan pengerjaan, pemasangan dan pemeliharaan alat saniter. Sebagai penutup disajikan informasi tentang keselamatan dan kesehatan kerja (K3) dalam pekerjaan plambing dan sanitasi.

Semoga buku ini dapat menjadi referensi, acuan, bandingan atau pengayaan dalam proses pembelajaran, terutama bagi pendidik dan peserta didik yang relevan. Selain itu buku ini dapat menambah pengetahuan dan wawasan bagi para perancang, teknisi, jasa konstruksi serta masyarakat luas yang membutuhkannya.

Dr. Ir. Darwin, M.Pd adalah Dosen Pendidikan Teknik Bangunan dan Teknik Sipil Fakultas Teknik - Universitas Negeri Medan (Unimed). Bekerja bermula sebagai *Tim Fisik* Perencanaan Pengembangan IKIP Padang (1989-1991); *Master Trainer JPS DBO Depdiknas* - SIGP (School Improvement Grant Program). *Regional Independent Monitor (RIM)* pada CIMU (Central Independent Monitoring Unit) British Council & World Bank. *Tim Evaluasi* pada "Evaluation of strengthening humanitarian



protection and reconciliation through institutional building (SHPRIB) project". *Konsultan Pendidikan* pada Yayasan Budha Tzu Chi Indonesia (Tzu Chi Foundation); *Team Leader and Education Planning and Management Specialist* pada Consultant Services for School and District Capacity Building - Decentralized Basic Education Project (DBEP) - Dutch Grant - Ministry of National Education, Asian Development Bank (ADB), and the Royal Government of the Netherlands; *Consultant Service* for Seismic Resilience on Non-Engineered Construction kerjasama Kementerian PU dan JICA pada The Project on Building administration and enforcement capacity development for seismic resilience. *Fasilitator Nasional* pada Pemetaan Mutu Program Studi LPTK melalui "Evaluasi Mutu Internal" (EMI). *Sekretaris* Pusat Penjaminan Mutu UNIMED; *Ketua* Akreditasi Institusi Perguruan Tinggi (AIPT) UNIMED; *Ketua* revisi naskah akademik Organisasi Tata Kerja (OTK) Unimed. *Ketua tim* pengembangan lahan kampus baru Unimed. *Ketua Program Studi S2 Administrasi/Manajemen Pendidikan/Kepengawasan Sekolah* - PPS - Unimed. Studi banding pendidikan ke Singapura, Malaysia, Bangkok, Inggris, Prancis, dan Spanyol.