

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)

Menurut Mangkunegara, (2003) keselamatan dan kesehatan kerja merupakan pemikiran dan upaya untuk menjamin keutuhan dan kesempurnaan baik jasmani maupun rohani khususnya para tenaga kerja, dan manusia pada umumnya. Selain itu salah satu tujuan K3 adalah untuk mencapai *Zero Accident* dalam pekerjaan.

Menurut S.Ramli, (2010) keselamatan kerja adalah keselamatan yang berhubungan dengan peralatan, tempat kerja, lingkungan kerja, serta cara – cara melakukam pekerjaan. Sedangkan menurut *Occupational Safety Health Administration* (OHSa) pengertian Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) merupakan aplikasi ilmu dalam mempelajari resiko keselamatan manusia beserta properti baik di dalam industri maupun bukan.

Dalam Keputusan Menteri Tenaga Kerja RI No. 463 Tahun 1993 menjelaskan bahwa tujuan dari keselamatan dan kesehatan kerja yaitu untuk mewujudkan masyarakat serta lingkungan kerja yang aman, sehat, dan sejahtera, sehingga tercapai suasana lingkungan kerja yang baik, dengan keadaan tenaga kerja yang sehat fisik, mental, sosial, dan bebas kecelakaan.

Menurut Smith dan Sonesh dalam Waruwu dan Yuamita, (2016) menjelaskan bahwa pelatihan kesehatan dan keselamatan kerja sangat penting. Semakin besar pengetahuan yang didapatkan oleh pekerja atau karyawan akan keselamatan dan kesehatan kerja, maka akan semakin kecil terjadinya risiko kecelakaan kerja, demikian sebaliknya jika semakin kecil pengetahuan pekerja atau karyawan tentang keselamatan dan kesehatan kerja maka semakin besar risiko terjadinya kecelakaan kerja. Terjadinya kecelakaan kerja dimulai dari disfungsi manajemen dalam upaya penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3). Hal tersebut merupakan suatu ketimpangan yang menyebabkan terjadinya kecelakaan kerja.

Menurut Ervianto dalam Waruwu dan Yuamita, (2016) mengatakan bahwa ada beberapa elemen yang dipertimbangkan dalam mengembangkan dan menerapkan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3), antara lain :

- 1) Komitmen perusahaan untuk mengembangkan program yang mudah untuk dilaksanakan.
- 2) Kebijakan pimpinan tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3).
- 3) Ketentuan penciptaan lingkungan kerja yang menjamin terciptanya Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) dalam bekerja.
- 4) Ketentuan pengawasan selama proyek berlangsung.
- 5) Pendelegasian wewenang yang cukup selama proyek berlangsung.
- 6) Ketentuan penyelenggaraan pelatihan dan pendidikan.
- 7) Pemeriksaan pencegahan terjadinya kecelakaan kerja.
- 8) Melakukan penelusuran penyebab utama terjadinya kecelakaan kerja.
- 9) Mengukur kinerja program Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)
- 10) Pendokumentasian dan pencatatan kecelakaan kerja secara kontinu.

1. Aspek, Faktor, dan Prinsip Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)

Aspek – aspek Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) yang harus diperhatikan oleh perusahaan menurut Anoraga, (2019) antara lain :

1) Lingkungan Kerja

Lingkungan kerja merupakan tempat di mana seseorang beraktivitas dalam pekerjaannya. Lingkungan kerja menyangkut kondisi kerja, seperti ventilasi, suhu, penerangan, dan situasinya.

2) Alat Kerja dan Bahan

Alat kerja dan bahan merupakan suatu hal pokok yang dibutuhkan oleh perusahaan untuk memproduksi barang. Dalam memproduksi barang alat – alat kerja yang digunakan para pekerja dalam melakukan proses produksi sangatlah vital, selain itu bahan – bahan utama juga menjadi aspek penting yang harus diperhatikan.

3) Cara Melakukan Pekerjaan

Setiap tahapan dalam suatu pekerjaan memiliki cara – cara tersendiri sesuai dengan bagian – bagian yang ada. Cara yang biasanya dilakukan oleh pekerja dalam melakukan aktivitas pekerjaan, misalnya menggunakan peralatan yang sudah tersedia dan sesuai, memakai pelindung diri secara tepat sesuai dengan bagian pekerjaan, mematuhi setiap peraturan yang berlaku pada bagian pekerjaan tersebut, serta memahami pekerjaan yang dilakukan.

Faktor – faktor yang dapat mempengaruhi Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) menurut Budiono S, (2003) antara lain :

1) Beban Kerja

Beban kerja berupa bahan fisik, mental dan sosial, sehingga penempatan pekerja yang sesuai dengan kemampuannya perlu diperhatikan.

2) Kapasitas Kerja

Kapasitas kerja tergantung pada pendidikan, keterampilan, jasmani, ukuran tubuh, keadaan gizi, dan sebagainya.

3) Lingkungan Kerja

Lingkungan kerja yang berupa faktor fisik, kimia, biologi, ergonomik, maupun psikososial.

Prinsip – prinsip yang harus dijalankan perusahaan dalam menerapkan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) menurut Sutrisno dan Ruswandi, (2007) antara lain :

1) Adanya Alat Pelindung Diri (APD) di tempat kerja.

2) Adanya buku petunjuk penggunaan alat dan isyarat bahaya.

3) Adanya peraturan pembagian tugas dan tanggung jawab.

4) Adanya tempat kerja yang aman sesuai Syarat – Syarat Lingkungan Kerja (SSLK) antara lain tempat kerja steril dari debu, kotoran, asap rokok, uap gas, radiasi, getaran mesin dan peralatan, kebisingan, tempat kerja aman dari arus listrik, lampu penerangan cukup memadai, ventilasi dan sirkulasi udara seimbang, adanya aturan kerja atau aturan berperilaku.

- 5) Adanya penunjang kesehatan jasmani dan rohani di tempat kerja.
- 6) Adanya sarana dan prasarana yang lengkap di tempat kerja.
- 7) Adanya kesadaran yang tinggi dalam menjaga Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3).

2.2 Kecelakaan Kerja

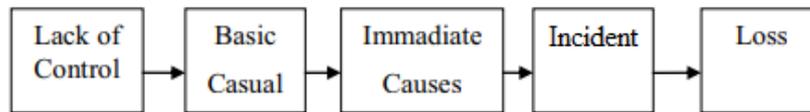
1. Definisi

Kecelakaan menurut Sulaksmo dalam Anizar, (2019) merupakan suatu kejadian yang tidak diduga dan tidak dikehendaki sehingga mengacaukan proses suatu aktivitas yang telah diatur. Kecelakaan tanpa dapat terjadi dalam sekejap mata, serta setiap kejadian terdapat empat faktor yang bergerak dalam suatu kesatuan yaitu lingkungan, bahaya, peralatan, dan manusia. Kecelakaan akibat kerja adalah kecelakaan yang mempunyai hubungan kerja pada perusahaan. Hubungan kerja dalam arti, bahwa kecelakaan terjadi disebabkan oleh pekerjaan atau pada waktu melaksanakan pekerjaan. Maka terdapat dua permasalahan penting yaitu:

- 1) Kecelakaan adalah akibat langsung pekerjaan.
- 2) Kecelakaan terjadi saat pekerjaan sedang berlangsung atau sedang dilakukan.

Secara umum faktor kecelakaan dapat digolongkan menjadi 2 yaitu *unsafe action* (faktor manusia) dan *unsafe condition* (faktor lingkungan). Menurut penelitian ada sekitar 80-85% kecelakaan terjadi disebabkan oleh *unsafe action* (faktor manusia) (Anizar, 2019). Untuk mengetahui lebih lanjut mengenai penyebab terjadinya suatu kecelakaan, para praktisi mulai memperkenalkan teori *loss causation model* (model penyebab kerugian). Salah satu model teori domino yang diperkenalkan oleh *International Loss Control Institute* (ILCI). Dalam teori ini dinyatakan bahwa kecelakaan tidak datang dengan sendirinya, ada serangkaian peristiwa sebelumnya yang mendahului adanya suatu kecelakaan, dalam teori ini rangkaian peristiwa tersebut digambarkan sebagai rangkaian kartu domino.

Rangkaian kartu domino digambarkan merupakan hubungan manajemen secara langsung dengan sebab dan akibat dari suatu kejadian yang dapat menurunkan prestasi dari suatu kegiatan produksi. Diagram kartu domino dijabarkan sebagai berikut.



Gambar 2.1. Teori Domino
Sumber : Suardi, 2007

Teori domino dalam keselamatan kerja dijelaskan sebagai berikut :

1) Kurangnya Sistem Pengendalian (*Lack of Control*)

Kurangnya sistem pengendalian atau control merupakan urutan pertama dalam potensi menimbulkan kecelakaan yang dapat menyebabkan kerugian. Kontrol merupakan salah satu fungsi utama dari manajemen, yaitu : *Planning, Organizing, Leading, dan Controlling*. Domino yang akan jatuh pertama kali yaitu pihak manajemen yang tidak mampu untuk mengorganisasi, memimpin, serta mengontrol pekerja dalam memenuhi standar yang sudah ditentukan (Suardi, 2007).

2) Penyebab Dasar (*Basic Cause*)

Dari adanya sistem kontrol yang tidak sesuai akan menyebabkan peluang penyebab dasar terjadinya kejadian yang akan menyebabkan kerugian. Penyebab dasar kejadian menurut Suardi, (2007) antara lain:

a. Faktor Manusia

Kurangnya kemampuan fisik atau mental, kurangnya pengetahuan, keterampilan, stress atau tegang, atau motivasi yang tidak sesuai.

b. Faktor Pekerjaan

Adanya standar kerja yang tidak memadai, rancang bangun dan pemeliharaan yang tidak memadai, standar pembelian yang kurang, dan lain sebagainya.

3) Penyebab Langsung (*Immediate Cause*)

Jika penyebab dasar terjadi, maka peluang untuk terjadinya kondisi tidak aman akan semakin besar.

Berikut merupakan penyebab – penyebab yang dapat menimbulkan suatu kejadian, antara lain :

1) *Unsafe Action* (Faktor Manusia)

- a. Ketidakseimbangan fisik tenaga kerja
 - Posisi tubuh yang menyebabkan mudah lelah
 - Cacat fisik
 - Cacat sementara
 - Kepekaan panca indra terhadap sesuatu
- b. Kurangnya pendidikan
 - Kurang terampil
 - Kurang pengalaman
 - Salah pengertian terhadap suatu perintah
 - Salah mengartikan *Standard Operational Procedure* (SOP) sehingga mengakibatkan kesalahan pemakaian alat kerja.
- c. Menjalankan pekerjaan tanpa mempunyai kewenangan
- d. Bekerja berlebihan atau melebihi jam kerja
- e. Pemakaian Alat Pelindung Diri (APD) yang tidak sesuai
- f. Menjalankan pekerjaan yang tidak sesuai dengan keahlian

2) *Unsafe Condition* (Faktor Lingkungan)

- a. Perlatan yang sudah tidak layak pakai
- b. Ada api di tempat bahaya
- c. Pengamanan yang tidak memenuhi standar
- d. Pencahayaan yang kurang
- e. Kondisi suhu
- f. Terpapar bising
- g. Sifat pekerjaan yang mengandung potensi bahaya

2. Pencegahan Kecelakaan Kerja

Menurut Anizar, (2019) dengan menerapkan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) maka kecelakaan kerja seharusnya dapat dihindari.

Namun masih sering dijumpai terjadinya kecelakaan, baik faktor pekerja, peralatan, mesin maupun lingkungan pekerjaan. Dampak yang ditimbulkan akibat kecelakaan kerja pada dasarnya akan dirasakan langsung oleh pekerja, di mana pekerja akan mengalami cedera dari skala ringan sampai skala berat, bahkan dapat menyebabkan kematian. Dampak lainnya juga mengakibatkan hilangnya waktu kerja, produktivitas menurun, dan lain sebagainya.

Berikut ini adalah beberapa pencegahan kecelakaan kerja yang dapat dilakukan baik oleh pihak perusahaan maupun pihak pekerja, antara lain :

- 1) Manajemen Perusahaan
 - a. Perusahaan harus melakukan evaluasi tentang lingkungan kerja perusahaan dengan tujuan untuk mengidentifikasi potensi bahaya yang akan terjadi di tempat kerja.
 - b. Memberikan pelatihan serta arahan kepada para pekerja sebelum melakukan pekerjaan di bagian yang dapat menimbulkan potensi bahaya.
 - c. Pemeriksaan kesehatan pekerja setidaknya dilakukan secara berkala, semisal 6 bulan sekali atau 1 tahun sekali.
 - d. Memberikan arahan atau demonstrasi kepada pekerja tentang pentingnya memakai Alat Pelindung Diri (APD) secara lengkap.
 - e. Memberikan sanksi kepada pekerja yang melanggar aturan.
- 2) Pekerja
 - a. Menyadari seberapa pentingnya keselamatan kerja individu.
 - b. Memakai Alat Pelindung Diri (APD) dengan baik dan benar tanpa ada alasan apapun.
 - c. Mematuhi peraturan – peraturan yang berlaku di tempat kerja.

2.3 Manajemen Risiko

Risiko adalah kemungkinan (*probability*) terjadinya suatu kecelakaan terhadap manusia, peralatan dan atau lingkungan yang terpapar di dalam suatu bahaya. Bahaya merupakan sumber atau situasi di mana berpotensi

menyebabkan kerusakan atau kecelakaan pada manusia, peralatan, dan lingkungan (Suardi, 2007).

Manajemen risiko (*Risk Management*) merupakan suatu upaya untuk mengelola risiko yang berguna untuk mencegah terjadinya kecelakaan yang tidak diinginkan secara komprehensif, terencana, dan terstruktur dalam suatu kesisteman yang baik. Menurut teori domino kecelakaan tidak timbul dengan sendirinya, akan tetapi ada serangkaian peristiwa yang sebelumnya mendahului atau menjadi faktor penyebab atau pemicu terjadinya kecelakaan, maka dari itu manajemen risiko sangat diperlukan dengan tujuan untuk mencari atau mengidentifikasi faktor penyebab terjadinya risiko kecelakaan agar faktor penyebab atau pemicu dapat segera diatasi. Manajemen risiko sangat berkaitan sekali dengan bahaya dan risiko yang ada di tempat kerja, di mana bahaya dan risiko tersebut dapat menimbulkan kerugian bagi perusahaan. Apabila di dalam suatu perusahaan tidak ada manajemen risiko yang baik, kemungkinan besar perusahaan akan mengalami kesalahan dalam sistem pengendalian risiko yang akan berdampak pada kerugian perusahaan (Pratama, 2019).

2.4 Hazard, Identification, Risk Assesment, and Determining Control (HIRADC)

Manajemen risiko meliputi analisis risiko merupakan analisis yang dapat menggunakan HIRADC. HIRADC merupakan sebuah sistem yang digunakan untuk menganalisis risiko yang terdiri dari 3 tahapan yaitu Identifikasi Bahaya (*Hazard Identification*), Penilaian Risiko (*Risk Assessment*) dan Pengendalian Risiko (*Risk Control*). Adapun tahapan-tahapan tersebut sebagai berikut.

1. Identifikasi Bahaya (*Hazard Identification*)

Identifikasi bahaya merupakan usaha untuk mengetahui dan menganalisis terjadinya bahaya dari suatu sistem (unit kerja, peralatan, prosedur). Kegunaan identifikasi bahaya menurut Puspitasari, (2010) sebagai berikut :

- 1) Mengetahui bahaya – bahaya yang ada.

- 2) Mengetahui potensi bahaya tersebut, baik akibat maupun frekuensi terjadinya.
- 3) Mengetahui lokasi bahaya.
- 4) Menunjukkan bahwa bahaya tertentu tidak akan menimbulkan akibat kecelakaan, sehingga tidak diberikan perlindungan
- 5) Untuk analisa lebih lanjut.

Setelah bahaya tersebut telah diidentifikasi menurut Puspitasari, (2010) akan memberikan keuntungan antara lain :

- 1) Dapat diketahui sumber atau penyebab terjadinya bahaya.
- 2) Dapat ditentukan klasifikasi dan mental seseorang yang telah diberi tugas.
- 3) Dapat diketahui cara, prosedur, pergerakan, dan posisi – posisi yang berbahaya kemudian dicari cara untuk solusinya atau cara mengatasinya.
- 4) Dapat ditentukan lingkup yang harus dianalisis lebih lanjut.

2. Penilaian Risiko (*Risk Assessment*)

Penilaian risiko dapat dilakukan setelah mengidentifikasi semua kemungkinan bahaya. Hal ini dikehendaki untuk menentukan prioritas pengendalian terhadap tingkat risiko kecelakaan dengan meninjau aspek Keparahan (*Severity*) dan aspek Kemungkinan (*Probability*). Selanjutnya dari kedua aspek tersebut dimasukkan kedalam matriks risiko untuk menentukan tingkat risiko.

Tabel 2.1. Kategori Kemungkinan (*Probability*) Risiko

Tingkat	Uraian	Contoh Rinci
5	Hampir Pasti Terjadi	Dapat terjadi setiap saat dalam kondisi normal
4	Sering Terjadi	Terjadi beberapa kali dalam periode waktu tertentu
3	Dapat Terjadi	Dapat terjadi, namun tidak sering
2	Kadang Terjadi	Dapat terjadi, tetapi kemungkinannya kecil
1	Jarang Terjadi	Jarang terjadi dalam keadaan tertentu

Sumber : Pratama, 2019

Tabel 2.2. Kategori Keparahan (*Severity*) Risiko

Tingkat	Uraian	Contoh Rinci
1	Tidak Signifikan	Kejadian tidak menimbulkan kerugian atau cedera pada manusia.
2	Kecil	Menimbulkan cedera ringan, kerugian kecil, dan tidak menimbulkan dampak serius.
3	Sedang	Cedera berat dan dirawat di rumah sakit, tidak menimbulkan cacat tetap, kerugian finansial sedang.
4	Berat	Menimbulkan cedera parah dan cacat tetap dan kerugian finansial besar serta menimbulkan dampak serius.
5	Bencana	Mengakibatkan korban meninggal dan kerugian parah, bahkan dapat menghentikan kegiatan selamanya.

Sumber : Pratama, 2019

Kemungkinan		Konsekuensi				
		Tidak Signifikan	Kecil	Sedang	Berat	Bencana
		1	2	3	4	5
Hampir Pasti Terjadi	5	T	T	E	E	E
Sering Terjadi	4	S	T	T	E	E
Dapat Terjadi	3	R	S	T	E	E
Kadang-Kadang	2	R	R	S	T	E
Jarang Sekali	1	R	R	S	T	T

Gambar 2.2. Matriks Risiko
Sumber : Pratama, 2019

2.5 Job Safety Analysis (JSA)

1. Definisi

Job Safety Analysis (JSA) adalah salah satu usaha dalam menganalisa tugas dan prosedur yang ada pada suatu industri. Selain itu didefinisikan

sebagai sebuah metode dalam mempelajari suatu pekerjaan untuk mengidentifikasi bahaya dan potensi insiden yang berhubungan dengan setiap langkah, selain itu mempelajari tentang mengembangkan solusi yang dapat menghilangkan atau mengontrol suatu bahaya serta insiden (Della-Giustina, 2012).

Menurut Friend and Kohn, (2007) *Job Safety Analysis* (JSA) bermanfaat dalam mengidentifikasi serta menganalisis bahaya di dalam suatu pekerjaan sehingga bahaya pada setiap jenis pekerjaan dapat dicegah dengan tepat dan efektif. Selain itu *Job Safety Analysis* (JSA) dapat membantu pekerja dalam memahami pekerjaan mereka dengan lebih baik, khususnya memahami potensi bahaya yang timbul dan terlihat langsung sehingga pekerja dapat mengembangkan prosedur pencegahan kecelakaan. Hal tersebut membuat pekerja berpikir bahwa keselamatan dalam suatu pekerjaan itu tidak bisa dianggap remeh.

2. Metode *Job Safety Analysis* (JSA)

Penggunaan metode *Job Safety Analysis* (JSA) menurut Friend and Kohn, (2007) dibagi menjadi beberapa teknik metode yang digunakan antara lain :

1) Metode observasi (Pengamatan)

Metode pertama yaitu observasi atau pengamatan, bisa juga melalui wawancara untuk menentukan langkah – langkah kerja dan bahaya yang dihadapi dengan tujuan untuk mengumpulkan data terkait lingkungan kerja, tempat kerja, jam kerja, dan penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) di tempat kerja.

2) Metode diskusi (Konsultasi)

Metode selanjutnya yaitu diskusi atau konsultasi, biasanya digunakan untuk pekerjaan yang jarang dilakukan. Pada metode ini pekerja – pekerja yang sudah selesai bekerja biasanya akan bertukar pikiran tentang langkah – langkah pekerjaan dan potensi bahaya yang ada.

3) Metode meninjau kembali prosedur yang sudah ada

Metode terakhir ini dapat digunakan ketika proses sedang berlangsung dan para pekerja tidak bisa bersama – sama. Semua orang yang ikut andil dalam proses ini dapat menuliskan ide – ide tentang langkah – langkah yang harus dilakukan dan potensi bahaya yang ada dalam ruang lingkup pekerjaan para pekerja.

3. Manfaat *Job Safety Analysis* (JSA)

Manfaat dalam pelaksanaan *Job Safety Analysis* (JSA) menurut Friend and Kohn, (2007) antara lain :

- 1) Dapat memberikan pengertian yang sama terhadap setiap orang atau pekerja tentang apa yang dilakukan untuk mengerjakan pekerjaan dengan baik dan selamat.
- 2) Membantu dalam proses penulisan prosedur keselamatan untuk jenis pekerjaan yang baru maupun yang sudah dimodifikasi.
- 3) Suatu alat yang dapat mengendalikan kecelakaan pada pekerjaan yang dilakukan tidak rutin.
- 4) Elemen utama bisa dimasukkan dalam daftar keselamatan, pengarahan sebelum memulai suatu pekerjaan, observasi keselamatan, dan sebagai topik pada rapat keselamatan.
- 5) Sebagai wadah untuk pelatihan yang efektif untuk para pekerja baru di suatu perusahaan.

4. Tahapan Pembuatan *Job Safety Analysis* (JSA)

Dalam menganalisa keselamatan pekerjaan atau *Job Safety Analysis* (JSA) terdiri dari beberapa tahapan, antara lain :

a. Memilih pekerjaan yang akan dianalisis

Saat pembuatan *Job Safety Analysis* (JSA) pada pekerjaan perlu memiliki urutan langkah – langkah ataupun aktivitas untuk menyelesaikan pekerjaan berdasarkan prioritas terpenting. Dalam menentukan prioritas dalam suatu pekerjaan atau tugas menurut Tarwaka, (2015) dapat diurutkan seperti di bawah ini :

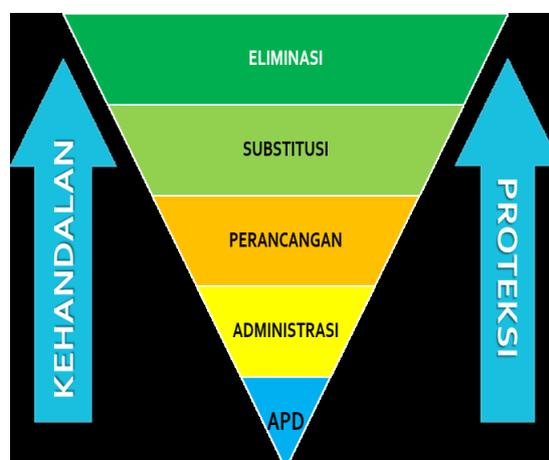
- 1) Frekuensi kecelakaan
- 2) Kecelakaan yang mengakibatkan luka

- 3) Pekerjaan dengan potensi kerugian yang tinggi
 - 4) Pekerjaan baru
- b. Menguraikan suatu pekerjaan

Sebelum melakukan identifikasi bahaya potensial, pekerjaan harus diuraikan terlebih dahulu urutan dari langkah – langkahnya, setiap langkah yang ada menjelaskan apa yang akan terjadi.
 - c. Mengidentifikasi bahaya yang memiliki potensi

Setelah proses pembuatan tahapan pekerjaan dilakukan, secara tidak langsung dapat menganalisa atau mengidentifikasi bahaya dan dampak yang timbul dari setiap tahapan. Dalam proses identifikasi tersebut diharapkan resiko yang kemungkinan terjadi dapat diminimalkan atau dapat dihilangkan sampai batas yang sesuai dari segi keilmuan maupun standar yang sudah ditetapkan.
 - d. Mengendalikan Bahaya

Tahapan terakhir dalam *Job Safety Analysis* (JSA) yaitu mengembangkan suatu prosedur kerja yang dapat mencegah terjadinya suatu kecelakaan. Menurut Pratama, (2019) pendekatan yang sering dianjurkan dalam perundangan dan pengendalian kecelakaan adalah dengan menggunakan hirarki pengendalian, seperti gambar di bawah ini



Gambar 2.3. Hirarki Pengendalian
Sumber : Pratama, 2019

- i. Eliminasi

Eliminasi merupakan langkah dalam memodifikasi metode, bahan maupun proses yang digunakan untuk menghilangkan bahaya secara keseluruhan. Efektifitas dari eliminasi ini adalah 100%, artinya dapat menghilangkan bahaya sampai pada titik nol atau tidak terjadi sama sekali (Pratama, 2019).

ii. Substitusi

Substitusi adalah pergantian material, bahan, proses yang memiliki nilai risiko cukup tinggi, dengan yang mempunyai nilai risiko kecil (Pratama, 2019).

iii. Isolasi

Isolasi berguna untuk memisahkan bahaya dari manusia dengan pagar ruang atau pemisah waktu. Perubahan struktural dilakukan terhadap lingkungan kerja atau proses kerja untuk menutup jalannya transmisi pekerja dan bahan. Maka dari itu dipergunakan *room control*, penjaga mesin, penutup bahaya, serta penggunaan ventilasi penghisap debu dan alat untuk penanganan manual (Pratama, 2019).

iv. Administrasi

Pengendalian administratif memiliki cara dengan mengurangi atau menghilangkan potensi bahaya dengan memenuhi prosedur atau instruksi yang ada. Contoh dari pengendalian tersebut adalah mengurangi paparan terhadap potensi bahaya dengan perputaran kerja (*job rotation*), memiliki sistem ijin kerja atau hanya dengan menggunakan tanda bahaya. Pengendalian administratif tergantung kepada perilaku pekerja agar bisa mencapai keberhasilan yang diinginkan (Pratama, 2019).

v. Alat Pelindung Diri (APD)

Alat Pelindung Diri (APD) biasanya dikenakan oleh semua pekerja sebagai pelindung terhadap potensi bahaya yang akan timbul. Dengan memberikan Alat Pelindung Diri (APD) dapat mengurangi keparahan risiko yang timbul. Keberhasilan

pengendalian ini tergantung dari Alat Pelindung Diri (APD) yang dikenakan serta pemakaian dari pekerja, artinya alat yang digunakan harus sesuai dan pekerja yang memakai harus dengan benar tanpa alasan apapun (Pratama, 2019).

2.6 Plumbing

1. Definisi

Menurut Babbit, (1960), *Plumbing* adalah sistem perpipaan beserta peralatannya, perlengkapan, dan aksesoris yang dipasang di dalam gedung, bangunan atau halaman yang membawa air atau cairan lainnya berasal dari sumber menuju ke titik tertentu di dalam gedung. *Plumbing* juga berhubungan dengan jenis material yang digunakan, perawatan yang dilakukan, dan pengendalian terhadap air buangan yang berlimpah, sampai penyaluran air buangan menuju ke tempat pembuangan air terdekat.

Menurut Steele, (1984), *Plumbing* adalah sistem perpipaan yang mencakup sistem distribusi penyediaan air bersih dan peralatannya, perangkat, limbah, dan pipa vent, saluran pembuangan rumah, sistem air hujan beserta peralatannya serta hubungan antara struktur dan bangunannya.

Fungsi dari peralatan *plumbing* adalah pertama, untuk menyediakan air bersih ke tempat-tempat yang dikehendaki dengan tekanan yang cukup, dan kedua, membuang air kotor dari tempat-tempat tertentu tanpa mencemarkan bagian penting lainnya. Fungsi pertama dilaksanakan oleh sistem penyediaan air bersih, dan kedua oleh sistem pembuangan.

Dalam sistem *plumbing* memerlukan peralatan yang mendukung agar terbentuk sistem *plumbing* yang baik. Jenis peralatan *plumbing* dalam artian khusus meliputi :

- a. Peralatan untuk penyediaan air bersih atau air minum.
- b. Peralatan untuk penyediaan air panas.
- c. Peralatan untuk pembuangan dan ventilasi.
- d. Peralatan *plumbing*

Dalam artian yang lebih luas, selain peralatan – peralatan tersebut di atas, istilah “Peralatan *Plumbing*” sering kali digunakan untuk mencakup :

- a. Peralatan pemadaman kebakaran
- b. Peralatan pengolahan air kotor (tangki *septic tank*)
- c. Peralatan penyediaan gas
- d. Peralatan dapur
- e. Peralatan untuk mencuci (*Laundry*)
- f. Peralatan pengolahan sampah
- g. Berbagai instalasi pipa lainnya

2. Alat – Alat *Plumbing*

a. Peralatan Saniter

Peralatan saniter merupakan peralatan dalam sistem penyaluran air buangan pada suatu gedung yang dipasang untuk menjaga kesehatan penghuninya. Menurut Nielsen, (1982) peralatan saniter tersebut harus terbuat dari :

- 1) Bahan yang tidak dapat mengoksidasi (*non oxidizing materials*)
- 2) Bahan yang tidak dapat menyerap (*non absorbent materials*)
- 3) Bahan dengan permukaan yang halus, kedap air (*impervious*) dan tahan terhadap korosi serta abrasi.
- 4) Bahan yang terbebas dari cacat dan tahan lama digunakan untuk kegiatan sesuai dengan peruntukannya.

Bahan-bahan yang dapat digunakan untuk peralatan saniter menurut Townsend, (1986) di antaranya yaitu keramik. Barang-barang yang terbuat dari keramik, termasuk peralatan saniter, pada umumnya mempunyai kualitas yang bagus, mudah dicetak, mempunyai kekuatan yang cukup besar, berpermukaan halus, mudah dibersihkan sehingga tidak ada kotoran atau kuman yang melekat di atasnya.

1) Kloset

Dibagi menjadi beberapa tipe golongan menurut konstruksinya, antara lain :

1. Tipe *Wash-Out*

Tipe ini adalah yang paling tua dari jenis kloset duduk. Tipe ini sekarang dilarang di Indonesia karena konstruksinya berdampak pada timbulnya bau yang tidak sedap akibat penggelontoran yang tidak sempurna.



Gambar 2.4. Kloset Tipe *Wash-Out*
Sumber : *Google.com*, 2021

2. Tipe *Wash-Down*

Tipe ini lebih baik daripada *Wash-Out*, bau yang timbul akibat sisa kotoran lebih sedikit jika dibandingkan dengan Tipe *Wash-Out*.



Gambar 2.5. Kloset Tipe *Wash-Down*
Sumber : *Google.com*, 2021

3. Tipe Siphon-Jet

Tipe ini dibuat agar menimbulkan efek siphon yang lebih kuat, dengan memancarkan air dalam sekat melalui suatu lubang kecil searah aliran air buangan. Tipe siphon-jet ini menggunakan air penggelontor air lebih banyak.



Gambar 2.6. Kloset Tipe Siphon-Jet
Sumber : *Google.com*, 2021

4. Tipe *Blow-Out*

Tipe ini sebenarnya dirancang untuk menggelontor air kotor dengan cepat, tapi akibatnya membutuhkan air dengan tekanan sampai 1 Kg/cm^2 , dan menimbulkan suara berbisik.

2) Peturasan

Ditinjau dari konstruksinya, Peturasan dapat dibagi seperti kloset, di mana yang paling banyak digunakan adalah tipe *Wash-Down*. Untuk tempat-tempat umum sering dipasang peturasan berbentuk mirip “Talang” terbuat dari porselen, plastik, baja tahan karat, dan harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :

- a) Dalamnya Talang 15 cm atau lebih.
- b) Pipa pembuangan ukuran 40 mm atau lebih dan dilengkapi dengan saringan.
- c) Pipa penggelontor harus diberi lubang-lubang untuk menyiram bidang belakang talang dengan lapisan air.
- d) Laju aliran air penggelontor dapat ditentukan dengan menganggap setiap 45 cm Panjang talang ekuivalen dengan satu peturasan biasa

3) Bak Cuci Piring

Bak cuci dapur (*Sink*) memiliki fungsi untuk mencuci peralatan yang mengandung lemak. Bak cuci dapur dibuat dari bermacam-macam bahan, seperti stainless, fiber dan ada yang terbuat dari susunan batu yang dipleser bahan kedap air atau dilapisi porselen.

4) *Fitting Saniter*

Beberapa jenis fitting saniter antara lain :

- a) Keran Air, ada beberapa macam, antara lain :
- b) Keran Air yang dapat dibuka dan ditutup dengan mudah.
- c) Keran Air yang dapat dibuka tetapi akan menutup sendiri, misalnya untuk cuci tangan.
- d) Keran Air yang laju alirannya diatur oleh ketinggian muka air, yaitu kerana tau katup pelampung.



Gambar 2.7. Keran Air
Sumber : *Google.com*, 2021

5) Katup Gelontor dan Tangki Gelontor

- a) Katup Gelontor berfungsi untuk mengatur aliran air menggelontor, untuk kloset dan peturasan.
- b) Tangki Gelontor, dibuat dari plastik, ada yang otomatis dan ada juga yang harus dijalankan oleh orang.



Gambar 2.8. Katup Gelontor
Sumber : *Google.com*, 2021



Gambar 2.9. Tangki Gelontor
Sumber : *Google.com*, 2021

b. Jenis Pipa

Dalam perencanaan *plumbing*, perlengkapan utama yang dibutuhkan adalah pipa. Jenis-jenis pipa yang biasa digunakan dalam sistem *plumbing*, secara garis besar ada dua kelompok, yaitu pipa logam dan pipa plastik. Pipa logam antara lain :

- a. Pipa Besi (*Cast Iron*)
- b. Pipa Galvanis
- c. Pipa Tembaga

Sedangkan untuk pipa plastik, antara lain :

- a. Pipa PVC (*Polyvinyl Chloride*)
- b. Pipa PE (*Polyethylene*)
- c. Pipa PP (*Polypropylene*)

3. Sistem Penyediaan Air Bersih

Menurut S. Noerbambang dan Morimura, (2005), sistem penyediaan air bersih yang saat ini banyak digunakan dapat dikelompokkan menjadi :

a. Sistem Sambungan Langsung

Dalam sistem ini pipa distribusi dalam gedung disambung langsung dengan pipa utama penyediaan air bersih (misalnya pipa utama di bawah jalan dari Perusahaan Air Minum). 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 atau ditetapkan oleh Perusahaan Air Minum.

b. Sistem Tangki Atap

Apabila sistem sambungan langsung karena berbagai alasan tidak dapat diterapkan, sebagai gantinya banyak yang menggunakan sistem tangki atap. Dalam sistem ini, air ditampung lebih dahulu di dalam tangki bawah (dipasang pada lantai terendah bangunan atau di bawah muka tanah), kemudian dipompakan ke suatu tangki atas yang biasanya dipasang di atas atap atau lantai tertinggi bangunan. Dari tangki ini air didistribusikan ke seluruh bangunan. Sistem tangki atap ini diterapkan karena alasan – alasan berikut :

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

c. Sistem Tangki Tekan

Sistem tangki tekan diterapkan dalam keadaan di mana oleh karena suatu alasan tidak dapat digunakan sistem sambungan langsung. Prinsip kerja sistem ini adalah air yang telah ditampung dalam tangki bawah (seperti sistem tangki atap), dipompakan ke dalam suatu bejana (tangki) tertutup sehingga udara di dalamnya terkompresi. Air dari tangki tersebut dialirkan ke dalam sistem distribusi bangunan. Pompa bekerja secara otomatis yang diatur oleh suatu detektor tekanan, yang menutup atau membuka saklar motor listrik penggerak pompa. Pompa berhenti bekerja kalau tekanan tangki telah mencapai suatu batas minimum yang ditetapkan. Kelebihan dari sistem tangki tekan antara lain :

- 1) Lebih menguntungkan dari segi estetika karena tidak terlalu mencolok dibandingkan dengan tangki atap.

- 2) Mudah perawatannya karena dapat dipasang dalam ruang mesin Bersama pompa lainnya.
- 3) Harga awal lebih rendah dibandingkan dengan tangki yang harus dipasang di atas menara.

Sedangkan kekurangan dari sistem tangki tekan antara lain :

- 1) Daerah fluktuasi tekanan sebesar $1,0 \text{ kg/cm}^2$ sangat besar dibandingkan dengan sistem tangki atap yang hampir tidak ada fluktuasi tekanannya. Fluktuasi yang besar ini dapat menimbulkan fluktuasi tekanannya. Fluktuasi yang besar ini dapat menimbulkan fluktuasi aliran air yang cukup berarti pada alat *plumbing*, dan pada alat pemanas gas dapat dihasilkan air dengan temperatur yang berubah.
- 2) Dengan berkurangnya udara dalam tangki tekan, maka setiap beberapa hari sekali harus ditambahkan udara kempa dengan kompresor atau dengan menguras seluruh air dalam tangki.
- 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 yang efektif tersimpan dalam tangki tekan relative sedikit, maka pompa akan sering bekerja dan hal ini akan menyebabkan keausan pada saklar lebih cepat.

d. Sistem Tanpa Tangki

Dalam sistem ini tidak menggunakan tangki apapun, baik tangki bawah, tangki tekan atau tangki atap. Air dipompakan langsung ke sistem distribusi bangunan dan pompa menghisap air langsung dari pipa utama (misalnya pipa utama Perusahaan Air Minum maupun pipa-pipa utama dalam permukiman khusus (untuk umum).

4. Persyaratan Penyediaan Air Bersih

Dalam penyediaan air bersih untuk memenuhi masyarakat, ada beberapa syarat yang harus diperhatikan agar air bersih dapat disalurkan dengan baik dan berkesinambungan. Syarat syarat tersebut antara lain:

a. Persyaratan kualitas

Air bersih yang masuk kedalam bangunan atau masuk kedalam sistem *plumbing* air bersih harus memenuhi syarat kualitas air bersih, yaitu syarat fisik, kimiawi, dan bakteriologi, yang sesuai peraturan Menteri kesehatan RI No.907/MENKES/SK/VII/2002.

b. Persyaratan kuantitas

Air bersih yang masuk kedalam bangunan atau masuk kedalam sistem *plumbing* air bersih harus memenuhi syarat kuantitas air bersih, yaitu kapasitas air bersih harus memenuhi berbagai kebutuhan air bersih bangunan tersebut. Untuk menghitung besarnya kebutuhan air bersih dalam bangunan gedung didasarkan pada pendekatan sebagai berikut :

- 1) Jumlah penghuni gedung, baik yang permanen maupun yang tidak permanen,
- 2) Unit beban alat *plumbing*,
- 3) Luas lantai bangunan.
- 4) Persyaratan kontinuitas

Persyaratan kontinuitas untuk penyediaan air bersih erat hubungannya dengan kuantitas air yang tersedia yaitu air baku. Arti kontinuitas di sini adalah bahwa air baku untuk air bersih yang digunakan dapat diambil terus menerus dengan fluktuasi debit yang relatif tetap, baik pada saat musim kemarau maupun musim hujan.

5. Tekanan Air Dengan Kecepatan Aliran

Tekanan air yang kurang mencukupi akan menimbulkan kesulitan dalam pemakaian air. Tekanan yang berlebihan dalam menimbulkan rasa sakit terkena pancaran air serta mempercepat kerusakan peralatan *plumbing*, dan menambah kemungkinan pukulan air (S. Noerbambang dan Morimura, 2005).

Secara umum dapat dikatakan besarnya tekanan standar adalah 1,0 kg/cm², sedangkan tekanan statik sebaliknya diusahakan antara 4,0-5,0 kg/cm² untuk perkantoran dan antara 2,5-3,5 kg/cm² untuk hotel dan perkantoran. Di samping itu, berbagai macam peralatan *plumbing* tidak

berfungsi dengan baik kalau tekanan airnya kurang dari suatu batas minimum. Besarnya tekanan minimum ini menurut S. Noerbambang dan Morimura, (2005) dicantumkan pada tabel di bawah.

Tabel 2.3. Tekanan yang Dibutuhkan Alat *Plumbing*

No.	Nama Alat <i>Plumbing</i>	Tekanan yang diperlukan kg/cm^2
1	Katup gelontor kloset	0,7 ¹⁾
2	Katup gelontor peturasan	0,4 ²⁾
3	Kran yang menutup otomatis	0,7 ³⁾
4	Pancuran mandi,dengan pancaran air halus atau tajam	0,7
5	Pancuran mandi biasa	0,35
6	Kran biasa	0,3
7	Pemanas air langsung dengan bahan bakar gas	0,25-0,7 ⁴⁾

Sumber : Noerbambang dan Morimura, 2005 : 50

Catatan :

^{1),2)} Tekanan minimum yang dibutuhkan adalah tekanan statis 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 menutup dengan rapat, sehingga air masih akan menetes dari kran.

⁴⁾ Untuk pemanas air langsung dengan bahan bakar gas, tekanan minimum yang dibutuhkan biasanya dinyatakan.

Kecepatan aliran air yang terlampau tinggi akan dapat menambah kemungkinan terjadinya pukulan air, dan menimbulkan suara berisik dan kadang menyebabkan ausnya permukaan air dalam permukaan pipa. Biasanya digunakan standar kecepatan sebesar 0,9-1,2 m/detik dan batas maksimumnya berkisar antara 1,5-2,0 m/detik. Batas kecepatan 2,0 m/detik sebaiknya diterapkan dalam penentuan pendahuluan ukuran pipa. Di lain pihak kecepatan yang terlampau rendah ternyata dapat menimbulkan efek kurang baik dari segi korosi, pengendapan kotoran ataupun kualitas air (S. Noerbambang dan Morimura, 2005).

6. Penaksiran Laju Aliran

Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk menaksir besarnya laju aliran, antara lain :

a. Berdasarkan Jumlah Pemakai

Metode ini didasarkan pada pemakaian air rata-rata sehari-hari dari setiap penghuni, dan perkiraan jumlah penghuni. Dengan demikian jumlah pemakaian air sehari dapat diperkirakan, walaupun jenis dan jumlah alat *plumbing* belum ditentukan. Metode ini praktis untuk tahap perencanaan dan perancangan. Tetapi jika jumlah penghuni tidak dapat diketahui, biasanya ditaksir berdasarkan luas lantai dan menetapkan kepadatan hunian per luas lantai. Luas lantai gedung yang dimaksudkan adalah luas lantai efektif, berkisar 55% - 80% dari luas seluruhnya (Tabel 2.4). (S. Noerbambang dan Morimura, 2005)

Tabel 2.4. Pemakaian Air Rata – Rata per Orang Setiap Hari

No.	Jenis Gedung	Pemakaian air rata - rata (liter)	Jangka waktu pemakaian air (jam)	Perbandingan luas lantai efektif (%)
1	Perumahan Mewah	250	8-10	42-45
2	Rumah Biasa	160-250	8-10	50-53
3	Apartemen	200-250	8-10	45-50
4	Asrama	120	8	-
5	Rumah Sakit	Mewah >1000 Menengah 500-1000 Umum 350-500	8-10	45-48
6	Sekolah Dasar	40	5	58-60
7	SLTP	50	6	58-60
8	SLTA dan lebih tinggi	80	6	-
9	Rumah-Toko	100-200	8	-
10	Gedung Kantor	100	8	60-70
11	Toserba	3	7	55-60
12	Pabrik/Industri	Buruh pria 60 Buruh wanita 100	8	-
13	Stasiun/Terminal	3	15	-
14	Restoran	30	5	-

15	Restoran Umum	15	7	-
16	Gedung Pertunjukkan	30	5	53-55
17	Gedung Bioskop	10	3	-
18	Toko Pengecer	40	6	-
19	Hotel/Penginapan	250-300	10	-
20	Gedung Peribadatan	10	2	-
21	Perpustakaan	25	6	-
22	Bar	30	6	-
23	Perkumpulan Sosial	30	-	-
24	Kelab Malam	120-350	-	-
25	Gedung Perkumpulan	1500-200	-	-
26	Laboratorium	100-200	8	-

Sumber : Noerbambang dan Morimura, 2005 : 48

Adapun langkah-langkah menghitungnya yaitu :

- 1) Luas gedung seluruhnya

$$\text{Luas gedung seluruhnya} = \text{luas gedung berlantai} \times \text{banyak lantai} \dots\dots\dots(2.1)$$

- 2) Luas gedung efektif (A_{eff})

Perbandingan luas lantai efektif dapat dilihat pada Tabel 2.4 Pemakaian air rata-rata per orang tiap hari (Noerbambang dan Morimura, 2005 : 48).

$$A_{eff} = \text{Perbandingan luas lantai efektif total} \times \text{luas gedung seluruhnya} \dots\dots\dots(2.2)$$

- 3) Jumlah penghuni total

Kepadatan penghuni=5-10 m² /orang (Morimura, 2005 : 67)

$$\text{Jumlah penghuni total} = \frac{\text{Luas gedung efektif}}{\text{Jumlah penghuni}} \dots\dots\dots(2.3)$$

- 4) Pemakaian air rata-rata sehari (Q_d)

Pemakaian air rata-rata sehari pada tiap gedung dapat dilihat pada Tabel (2.4) Pemakaian air rata-rata per orang tiap hari (Morimura, 2005 : 48).

$$Q_d = \text{Jumlah penghuni total} \times \text{pemakaian air rata-rata sehari..} \quad (2.4)$$

5) Antisipasi kebocoran

Antisipasi kebocoran 20% (Morimura, 2005 : 69).

$$Q_{\text{kebocoran}} = 20 \% Q_d \dots\dots\dots (2.5)$$

$$Q_d \text{ total} = Q_d + Q_{\text{kebocoran}} \dots\dots\dots (2.6)$$

6) Pemakaian air rata-rata (Qh)

Jangka waktu pemakaian air rata-rata/T dapat dilihat pada Tabel 2.4. Pemakaian air rata-rata per orang tiap hari (Morimura 2005 : 48). Pemakaian air jam puncak (Qh max)

$$Q_h = \frac{Q_d \text{ total}}{T} \dots\dots\dots(2.7)$$

C1 = 1,5 – 2,0 (Morimura, 2005 : 69)

$$Q_h \text{ max} = C1 \times Q_h \dots\dots\dots(2.8)$$

7) Pemakaian air menit puncak (Qm max)

C2 = 2,0 – 4,0 (Morimura, 2005 : 69).

$$Q_m \text{ max} = \frac{C2 \times Q_h}{60} \dots\dots\dots(2.9)$$

Angka pemakaian air yang diperoleh dengan metode ini biasanya digunakan untuk menetapkan volume tangki bawah, tangki atap, dan pompa. Sedangkan ukuran pipa yang diperoleh dengan metode ini hanya pipa penyediaan air (pipa dinas) dan bukan untuk menentukan ukuran pipa dalam seluruh jaringan (S. Noerbambang dan Morimura, 2005).

b. Berdasarkan Jenis dan Jumlah Alat *Plumbing*

Metode ini digunakan apabila kondisi pemakaian alat *plumbing* dapat diketahui, misal untuk perumahan atau gedung kecil. Juga harus diketahui jumlah dari setiap jenis alat *plumbing* dalam gedung tersebut (S. Noerbambang dan Morimura, 2005).

Tabel 2.5. Pemakaian Air Tiap Alat *Plumbing*, Laju Aliran Airnya, dan Ukuran Pipa Cabang

Nama Alat <i>Plumbing</i>	Pemakaian air untuk penggunaan satu kali (liter)	Penggunaan / jam	Laju aliran (liter/min)	Waktu untuk pengisian (detik)	Pipa sambungan alat <i>plumbing</i> (mm)	Pipa cabang air bersih ke alat <i>plumbing</i> (mm)	
						Pipa baja	Tempa-ga
Kloset (dengan katup gelontor)	13,5-16,5	6-12	110-180	8,2-10	24	32	25
Kloset (dengan tangki gelontor)	13-15	6-12	15	60	13	20	13
Peturasan (dengan katup gelontor)	5	12-20	30	10	13	20	13
Peturasan, 2-4 orang (dengan tangki gelontor)	9-18 (@4,5)	12	1,8-3,6	300	13	20	13
Peturasan, 5-7 orang (dengan tangki gelontor)	22,5-31,5 (@4,5)	12	4,5-6,3	300	13	20	13
Bak cuci tangan kecil	3	12-20	10	18	13	20	13
Bak cuci tangan biasa (<i>lavatory</i>)	10	6-12	15	40	13	20	13
Bak cuci dapur (<i>sink</i>) dengan keran 13 mm	15	6-12	15	60	13	20	13

Bak cuci dapur (<i>sink</i>) dengan keran 20 mm	25	6-12	25	60	20	20	20
Bak mandi rendam (<i>bath tub</i>)	125	3	30	250	20	20	20
Pancuran mandi (<i>shower</i>)	24-60	3	12	120-300	13-20	20	13-20
Bak mandi gaya Jepang	Tergantung ukurannya		30		20	20	20

Sumber : Noerbambang dan Morimura, 2005 : 49

Tabel 2.6. Faktor Pemakaian (%) dan Jumlah Alat *Plumbing*

Jenis Alat <i>Plumbing</i>	Jumlah Alat <i>Plumbing</i>											
	1	2	4	8	12	16	24	32	40	50	70	100
Kloset, dengan katup gelontor	1	50 satu	50 2	40 3	30 4	27 5	23 6	19 7	17 7	15 8	12 9	10 10
Alat <i>plumbing</i> biasa	1	100 dua	75 3	55 5	48 6	45 7	42 10	40 13	39 16	38 19	35 25	33 33

Sumber : Noerbambang dan Morimura, 2005 : 66

Cara menentukan kebutuhan air bersih dengan metode ini yaitu :

- 1) Menentukan jumlah dan jenis alat *plumbing* total semua lantai
- 2) Menentukan pemakaian air rata-rata sekali yang dapat dilihat pada Tabel 2.5. Pemakaian air tiap alat *plumbing*, laju airan airnya, dan ukuran pipa cabang pipa air (Morimura, 2005 : 49).

3) Menentukan jangka waktu pemakaian air rata-rata sehari tiap jam yang bisa dilihat pada Tabel 2.5. Pemakaian air tiap alat *plumbing* laju aliran airnya, dan ukuran pipa cabang pipa air (Morimura, 2005 : 49).

4) Menghitung pemakaian air tiap jam (Q total) dengan rumus:

$$\mathbf{Q\ total\ (l/jam) = jumlah\ alat\ plumbing\ x\ pemakaian\ air\ rata-rata\ x\ jangka\ waktu\ pemakaian\ \dots\dots\dots (2. 10)}$$

5) Menentukan faktor pemakaian (dalam %) dengan melihat Tabel 2.6. Faktor pemakaian (%) dan jumlah alat *plumbing* (Morimura, 2005 : 66). Jika jumlahnya tidak diketahui dalam tabel, maka faktor pemakaian dapat hitung dengan menggunakan cara interpolasi.

6) Menghitung Q efektif dengan rumus :

$$\mathbf{Q\ (1/jam) = Qd\ total\ x\ faktor\ pemakaian\ \dots\dots\dots (2. 11)}$$

Menghitung Q efektif total dengan rumus :

$$\mathbf{Qh\ (1/jam) = Jumlah\ total\ Q\ alat\ plumbing\ \dots\dots\dots (2. 12)}$$

Menghitung pemakaian air jam puncak (Qh max) dengan rumus :

$$\mathbf{Qh\ (1/jam) = Jumlah\ total\ Q\ alat\ plumbing\ \dots\dots\dots (2. 13)}$$

Menghitung pemakaian air jam puncak (Qh max) dengan rumus :

$$\mathbf{Qh\ max = C1\ Qh\ \dots\dots\dots (2. 14)}$$

C1 = 1,5 – 2,0 (Morimura, 2005 : 69)

Air menit pundak (Qm max)

$$\mathbf{Qm\ max = \frac{C2\ x\ Qn}{60} \dots\dots\dots (2. 15)}$$

C2 = 3,0 – 4,0 (Morimura, 2005 : 69)

c. Berdasarkan Unit Alat *Plumbing* (UAP)

Dalam metode ini untuk setiap alat *plumbing* ditetapkan suatu unit beban (*fixture unit*). Metode inilah yang dipilih untuk perhitungan penaksiran debit (S. Noerbambang dan Morimura, 2005)

Tabel 2.7. Unit *Plumbing* untuk Penyediaan Air Dingin

	Jenis Penyediaan	Unit Alat <i>Plumbing</i> ³⁾	Keterangan
--	------------------	---	------------

Jenis Alat <i>Plumbing</i> ²⁾	Air	Untuk Pribadi ⁴⁾	Untuk Umum ⁵⁾	
Kloset	Katup gelontor	6	10	
Kloset	Tangki gelontor	3	5	
Peturasan, dengan tiang	Katup gelontor	-	10	
Peturasan Terbuka (urinal stall)	Katup gelontor	-	5	
Peturasan Terbuka (urinal stall)	Tangki gelontor	-	3	
Bak cuci (kecil)	Keran	0.5	1	
Bak Cuci Tangan	Keran	1	2	
Bak Cuci Tangan untuk kamar operasi	Keran	-	3	
Bak Mandi rendam (<i>bathub</i>)	Keran pencampur air dingin dan panas	2	4	
Pancuran Mandi (<i>shower</i>)	Keran pencampur air dingin dan panas	2	4	
Pancuran Mandi tunggal	Keran pencampur air dingin dan panas	2	-	
Satuan kamar mandi dengan bak mandi rendam	Kloset dengan katup gelontor	8	-	
Satuan kamar mandi dengan bak mandi rendam	Kloset dengan tangki gelontor	6	-	
Bak cuci bersama	(untuk tiap keran)	-	2	Gedung, kantor, dsb Untuk umum : Hotel atau restoran, dsb
Bak cuci pel	Keran	3	4	
Bak cuci dapur	Keran	2	4	
Bak cuci piring	Keran	-	5	

Bak Cuci pakaian (satu sampai tiga)	Keran	3	-	
Pancuran minum	Keran air minum	-	2	
Pemanas air	Katup bola	-	2	

Sumber : Noerbambang dan Morimura, 2005: 68

Cara menghitung kebutuhan air dengan metode Unit Alat *Plumbing* (UAP) yaitu:

- 1) Menentukan jumlah dan jenis alat *plumbing* total semua lantai
- 2) Menentukan nilai Unit Alat *Plumbing* (UAP) dengan melihat Tabel 2.6. Faktor pemakaian (%) dan jumlah alat *plumbing* (Morimura, 2005 : 66).

- 3) Menghitung jumlah UAP tiap alat *plumbing* dengan rumus :

$$\text{Jumlah UAP} = \text{jumlah alat plumbing} \times \text{UAP} \dots\dots\dots (2 . 16)$$

- 4) Menghitung jumlah total UAP dari semua alat *plumbing* dengan rumus :

$$\text{Total UAP} = \text{UAP alat plumbing 1} + \text{UAP alat plumbing 2} \dots\dots\dots (2 . 17)$$

Setelah mengetahui total UAP (Jumlah total UAP pada semua alat *plumbing*) kemudian cek aliran serentak berdasarkan jumlah total UAP pada Gambar 2.10. Kurva hubungan antara jumlah unit beban alat *plumbing* dengan laju aliran air (Noerbambang and Morimura, 2005 : 67).

- 1) Menentukan Q efektif (Qh) dengan rumus:

$$\text{Qh} = \text{Aliran serentak} \times 60 \text{ (konversi ke jam)} \dots\dots\dots (2 . 18)$$

- 2) Menghitung pemakaian air jam puncak (Qh max) dengan rumus :

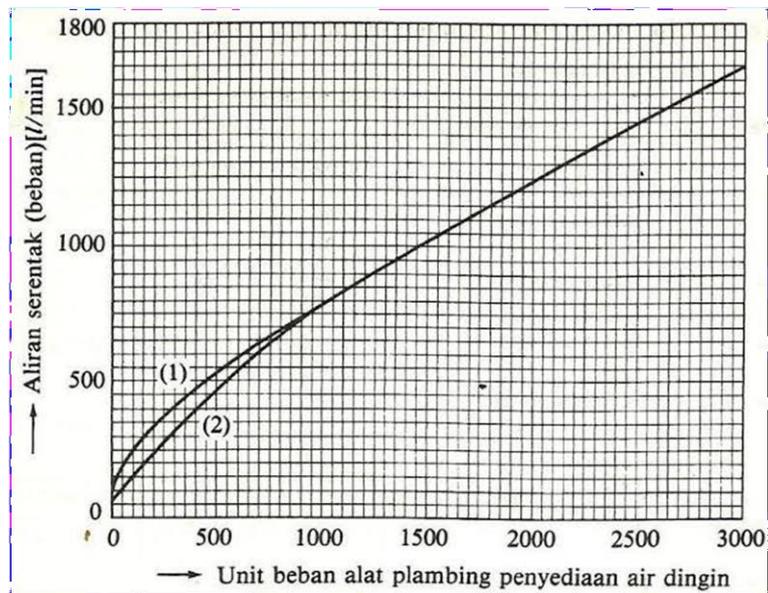
$$\text{Qh max} = \text{C1} \times \text{Qh} \dots\dots\dots (2 . 19)$$

$$\text{C1} = 1,5 - 2,0 \text{ (Morimura, 2005: 69)}$$

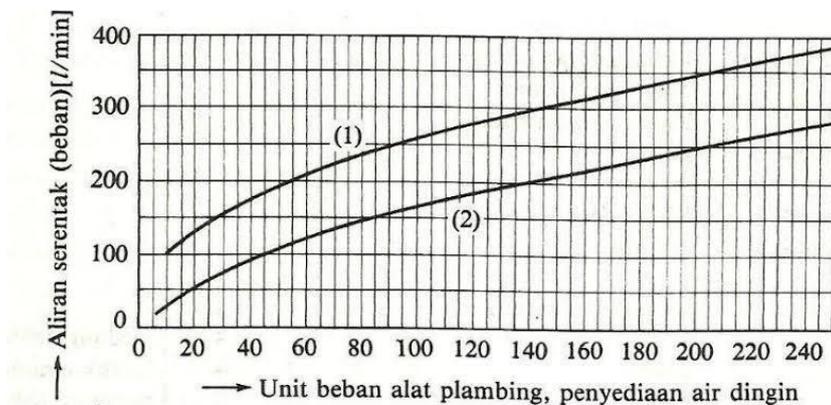
- 3) Menghitung pemakaian air menit puncak (Qm max) dengan rumus:

$$\text{Qm max} = \frac{\text{C2} \times \text{Qh}}{60} \dots\dots\dots (2 . 20)$$

$$\text{C2} = 3,0 - 4,0 \text{ (Morimura, 2005 : 69)}$$



(a) Untuk Unit Beban Sampai 3000



(b) Untuk Unit Beban Sampai 250 (Skala Gambar Diperbesar)

Gambar 2.10 Grafik Hubungan Antara Unit Beban Alat *Plumbing* Dengan Laju Aliran, Kurva (a) untuk Sistem yang Sebagian Besar Dengan Katup Gelontor, Kurva (b) untuk Sistem yang Sebagian Besar Dengan Tangki Gelontor

Sumber : Noerbambang dan Morimura, 2005 : 67

7. Sistem Perpipaan

Pada dasarnya ada dua sistem pipa penyediaan air dalam gedung, yaitu sistem pengaliran ke atas dan sistem pengaliran ke bawah. Di antara kedua sistem tersebut, agak sulit untuk ditanyakan system mana yang terbaik.

Masing – masing sistem mempunyai kelebihan dan kekurangannya. Pemilihan lebih banyak ditentukan oleh ciri khas konstruksi atau penggunaan gedung, dan oleh selera atau preferensi perancangannya.

- a. Sistem manapun yang dipilih, pipa harus dirancang dan dipasang sedemikian rupa sehingga udara maupun air kalau perlu dapat dibuang atau dikeluarkan dengan mudah.
- b. Pipa mendatar pada sistem pengaliran ke atas sebaiknya dibuat agak miring ke atas (searah aliran), sedangkan pada sistem pengaliran ke bawah dibuat agak miring ke bawah. Kemiringan sekitar $1/300^\circ$
- c. Perpipaan yang tidak merata, melengkung ke atas atau ke bawah harus dihindarkan. Kalau akibat sesuatu hal tidak dapat dihindarkan (misalnya ada perombakan gedung) hendaknya dipasang katup pelepas udara.
- d. Harus dihindarkan membalikkan arah aliran. Misalnya, pipa cabang tegak akan melayani daerah di atasnya pipa utama mendatar, tetapi penyambungannya diarahkan ke bawah lebih dahulu (S. Noerbambang dan Morimura, 2005).

Ukuran pipa ditentukan berdasarkan laju aliran puncak, selain itu ada tambahan pertimbangan – pertimbangan yang didasarkan pada pengalaman perancang.

Misalnya, menurut perhitungan diperoleh ukuran pipa yang makin kecil untuk setiap cabang. Tetapi karena dalam pelaksanaannya akan menimbulkan kesulitan dengan setiap kali memasang *reducer*, maka biasanya ukuran pipa dibuat sama setelah mencapai diameter kecil yang diinginkan. Dengan demikian pada beberapa bagian dari sistem pipa tersebut akan diperoleh diameter yang lebih besar daripada yang ditentukan berdasarkan perhitungan (S. Noerbambang dan Morimura, 2005).

Dalam menentukan ukuran pipa perlu juga dipertimbangkan batas kerugian gesek atau gradient hidrolis yang diizinkan, demikian pula batas kecepatan tertinggi, yang biasanya 2 m/detik atau kurang (S. Noerbambang dan Morimura, 2005).

8. *Ground Reservoir & Roof Tank*

a. *Ground Reservoir*

Ground reservoir atau dalam bahasa Indonesia lebih sering disebut tangki bawah tanah, merupakan salah satu bentuk bak penampungan air yang dibangun atau diletakkan di bawah permukaan tanah. Tangki ini dapat dibuat dari baja, beton bertulang, kayu, dan belakangan ini menggunakan tangki dari bahan FRP atau yang dalam istilah populer dinamakan *fiberglass* (S. Noerbambang dan Morimura, 2005).

b. *Roof Tank*

Roof Tank adalah tangki yang diletakkan di area atap bangunan dan biasanya diletakkan di atas menara dari besi siku yang dilas. Ketinggian antara plafon dengan dasar tangki air sebaiknya sekitar 2 meter untuk mendapatkan tekanan air pada kran antara 5 sampai 20 psi.

Tangki ini dipasang untuk menampung air dalam skala besar. *Roof Tank* menyimpan air dalam jumlah yang banyak tiap harinya dan mengeluarkan air yang kemudian disimpan ke masing-masing tempat yang akan menggunakan air secara gravitasi atau dialirkan melalui pipa dan dialirkan ke semua tempat penampungan air di semua ruangan yang ada di gedung tersebut. Tangki ini banyak dipasang di gedung-gedung kantor, apartemen, rumah susun, rumah sakit, dan gedung lainnya yang membutuhkan konsumsi air skala besar.