

**PEDOMAN TEKNIS
PRASARANA RUMAH SAKIT
SISTEM INSTALASI TATA UDARA**



**DIREKTORAT BINA PELAYANAN PENUNJANG MEDIK DAN SARANA KESEHATAN
DIREKTORAT BINA UPAYA KESEHATAN
KEMENTERIAN KESEHATAN RI
TAHUN 2012**

KATA PENGANTAR

Instalasi Tata Udara Rumah Sakit merupakan salah satu faktor penting dalam penyelenggaraan pelayanan medik.

Dalam rangka mendukung Undang-Undang No. 44 tahun 2009 tentang Rumah Sakit, maka perlu disusun Pedoman Teknis Prasarana Instalasi Tata Udara pada Bangunan Rumah Sakit yang memenuhi standar pelayanan Keselamatan dan Kesehatan.

Sistem Tata Udara di rumah sakit berfungsi untuk pengaturan temperatur, kelembaban udara relatif, kebersihan udara dan tekanan udara di dalam ruang serta dalam rangka mencegah berkembang biak dan tumbuh suburnya mikroorganisme, terutama di ruangan-ruangan khusus seperti di ruang operasi, ruang isolasi, dan lain-lain.

Pedoman Teknis ini disusun dengan partisipasi berbagai pihak termasuk rumah sakit, organisasi profesi serta instansi terkait.

Dengan diterbitkannya Pedoman Teknis ini, maka penyelenggaraan sistem Tata Udara di seluruh rumah sakit di Indonesia diharapkan dapat mengacu pada "Pedoman Teknis Prasarana Instalasi Tata Udara pada Bangunan Rumah Sakit" ini.

Akhirnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan Pedoman Teknis ini, kami ucapkan terima kasih.

Jakarta, September 2012

DAFTAR ISI

BAB - I	Ketentuan Umum	
1.1	Latar Belakang	1
1.2	Pengertian	2
1.3	Maksud dan Tujuan	5
1.4	Ruang Lingkup	6
BAB - II	Fasilitas Perawatan Kesehatan	
2.1	Pendahuluan	7
2.2	Pengondisian Udara (<i>Air Conditioning</i>) untuk tindakan pencegahan terhadap penyakit.	8
BAB - III	Fasilitas Rumah Sakit	
3.1	Fasilitas Rumah Sakit	10
3.2	Kualitas Udara	11
3.3	Gerakan Udara	14
3.4	Temperatur dan Kelembaban Udara	17
3.5	Perbedaan Tekanan dan Ventilasi	17
3.6	Pengendalian Asap	18
3.7	Kriteria Rancangan Spesifik	19
3.8	Kontinuitas Layanan dan Konsep Energi	18
3.9	Perawatan	23
3.10	Penunjang	31
3.11	Kontinuitas Layanan Dan Konsep Energi	40
BAB - IV	Fasilitas Rawat Jalan Rumah Sakit	
4.1	Umum	43
4.2	Klinik Diagnostik	43
4.3	Klinik Pengobatan	43
4.4	Kriteria Rancangan	43
BAB - V	Pengoperasian Dan Pemeliharaan	
5.1	Pendahuluan	45
5.2	Pemeliharaan	45
5.3	Perkakas Pemeliharaan Modern.	49
5.4	Pengoperasian	56
5.5	Pemenuhan dengan Persyaratan " <i>Joint Commisioning</i> ".	57
5.6	Konstruksi.	60
5.7	Pertimbangan Pemeliharaan Khusus untuk sistem Tata Udara/Peralatan.	70
5.8	Komisioning Bangunan.	71
5.9	Perancangan Modal Investasi.	71
BAB - VI	Penutup	72
Lampiran		73
Kepustakaan		86

BAB – I

KETENTUAN UMUM

1.1 Latar Belakang.

1.1.1 Bangunan rumah sakit merupakan fasilitas kesehatan yang membutuhkan perhatian sangat khusus dalam perencanaan, pembangunan, pengoperasian dan pemeliharannya terutama pada prasarana instalasi tata udara.

1.1.2 Bangunan rumah sakit mempunyai kekhususan yang sangat berbeda dan tidak ditemui di bangunan gedung umum lainnya.

Rumah sakit adalah tempat dimana orang sakit (dengan bermacam-macam penyakit) didiagnosa, diterapi, dirawat, dan dilakukan tindakan medik. Tindakan medik ini dimulai dari pemeriksaan biasa, pemeriksaan laboratorium, pemeriksaan dengan sinar radioaktif, pemeriksaan dengan ultrasonic, tindakan pembedahan ringan, tindakan pembedahan berat dan sebagainya.

1.1.3 Pasien datang dengan beragam penyakit dan masalah kesehatan seperti : sakit biasa atau sakit khusus yang membutuhkan dokter dan tindakan khusus, seperti sakit jantung, penyakit dalam, pasien luka bakar, pasien luka terbuka atau tertutup, pasien menular dan sebagainya.

Dengan kondisi tersebut, faktor-faktor yang membedakan rumah sakit dengan bangunan gedung biasa terletak pada peralatan dan instalasi tata udaranya.

Jam kerja 24 jam sehari, 7 hari seminggu, berarti membutuhkan pengkondisian yang terus menerus dilakukan oleh sistem tata udara.

1.1.4 Mengingat rumah sakit bisa dikatakan sebagai pusat sumber dari berbagai jenis mikroorganisme yang bisa menimbulkan banyak masalah kesehatan baik kepada petugas, perawat, dokter serta pasiennya yang berada di rumah sakit tersebut, maka pengaturan temperatur dan kelembaban udara dalam ruangan secara keseluruhan perlu mendapatkan perhatian khusus.

Untuk mencegah berkembang biak dan tumbuh suburnya mikroorganisme tersebut, terutama di ruangan-ruangan khusus seperti: ruang operasi, ruang Isolasi, dan lain-lain, diperlukan pengaturan :

- (1) temperatur;
- (2) kelembaban udara relatif;
- (3) kebersihan dengan cara filtrasi udara ventilasinya;
- (4) tekanan ruangan yang positif dan Negatif;
- (5) distribusi udara didalam ruangan.

1.1.5 Sistem redudansi menjadi masalah pokok pada sistem tata udara dan diperlukan pada ruang-ruang tertentu, hal ini mengingat bahwa ada tindakan-tindakan medik yang menginginkan tidak boleh berhentinya sistem tata udara untuk melindungi pasien dan peralatan medik yang harus selalu dikondisikan oleh sistem tata udara.

Untuk itu sistem tata udara harus mempunyai cadangan yang cukup untuk mengantisipasi kerusakan (*breakdown*) ataupun pada saat dilakukan tindakan pemeliharaan yang diperlukan pada sistem tata udara.

1.1.6 Rumah sakit adalah bangunan yang penuh dengan sumber penyakit dan sumber infeksi. Bakteri, virus, mikroorganisme yang berada di udara (*airborne microorganism*), jamur, dan sumber-sumber penyakit lainnya yang dapat menular merupakan hal yang harus menjadi perhatian pada sistem tata udara.

Belum lagi, bahan kimia yang berbahaya (misalnya gas anestesi atau di laboratorium), bahan-bahan radioaktif harus diperlakukan secara benar untuk menghindari bahaya yang mungkin timbul pada pasien, petugas medis atau pengunjung rumah sakit.

1.1.7 Rumah sakit terdiri dari berbagai ruang dengan fungsi yang berbeda beda tergantung pada jenis penyakit atau tingkat keparahan pasiennya, dan juga tergantung pada perbedaan tindakan medisnya.

Perbedaan fungsi tersebut mengakibatkan setiap fungsi ruangan membutuhkan pengkondisian udara yang berbeda-beda tingkat kebersihannya.

Sistem tata udara khusus diperlukan untuk menghindarkan penularan penyakit dan memperoleh tingkat kenyamanan termal seperti kondisi temperatur dan kelembaban yang tepat untuk penyakit yang berbeda.

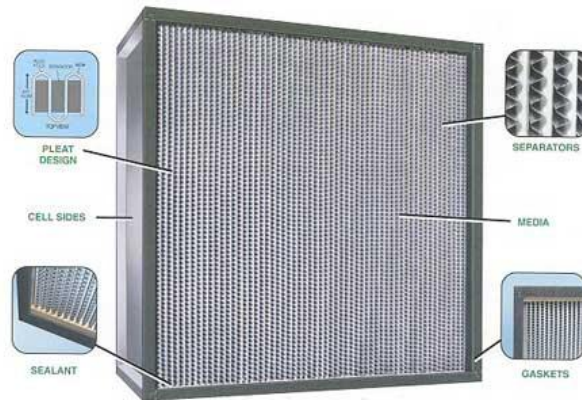
1.2 Pengertian.

1.2.1 barbiturat,

sebagai obat depresi sistem saraf terpusat, barbiturat menghasilkan efek spektrum yang luas dari sedasi ringan sampai total anestesi. Barbiturat juga efektif sebagai ansiolytik, sebagai hipnotik, dan sebagai antikonvulsan. Barbiturat memiliki potensi kecanduan, baik fisik dan psikologis.

1.2.2 HEPA (High Efficiency Particulate Air),

HEPA filter terutama digunakan di kamar bedah dari kompleks ruang operasi. Filter udara ini harus dapat menyaring partikel udara lebih besar dari 0,3 mikron yang melewatinya dengan efisiensi 99,97% udara.



Gambar 1.2.1 – Konstruksi fisik HEPA Filter.

1.2.3 *hipertermia,*

peningkatan temperatur tubuh manusia yang biasanya terjadi karena infeksi. Hipertermia juga dapat didefinisikan sebagai temperatur tubuh yang terlalu panas atau tinggi.

Umumnya, manusia akan mengeluarkan keringat untuk menurunkan temperatur tubuh. Namun, pada keadaan tertentu, temperatur dapat meningkat dengan cepat hingga pengeluaran keringat tidak memberikan pengaruh yang cukup.

Hipertermia cenderung lebih sering terjadi pada bayi dan anak di bawah usia 4 tahun dan orang tua yang berumur 65 tahun ke atas.

Orang yang kelebihan berat badan, sedang sakit atau berada dalam pengobatan tertentu juga memiliki risiko yang lebih besar untuk mengalami hipertermia.

Temperatur tubuh yang terlalu tinggi dapat merusak otak dan organ vital lainnya. Pada penderita hipertermia parah, gejala yang akan timbul meliputi kondisi mental kelelahan, cemas, tubuh kejang, dan dapat mengakibatkan koma.

1.2.4 *infiltrasi,*

laju aliran udara tak terkendali dan tidak disengaja masuk ke dalam gedung melalui celah dan bukaan lainnya dan akibat penggunaan pintu luar gedung. Infiltrasi disebut juga sebagai kebocoran udara luar ke dalam gedung.

1.2.5 **kelembaban udara relatif ruangan,**

perbandingan antara jumlah uap yang dikandung oleh udara tersebut dibandingkan dengan jumlah kandungan uap air pada keadaan jenuh pada temperatur udara ruang tersebut.

1.2.6 **konservasi energi sistem tata udara,**

sistem tata udara yang dapat bekerja dengan hemat energi tanpa mengurangi persyaratan fungsinya.

1.2.7 **konservasi energi,**

upaya mengefisienkan pemakaian energi untuk suatu kebutuhan agar pemborosan energi dapat dihindarkan.

1.2.8 pengkondisian udara (*air conditioning*),

usaha mengolah udara untuk mengendalikan temperatur ruangan, kelembaban relatif, kualitas udara, dan penyebarannya.

1.2.9 sistem saluran udara variabel (*Variable Air Volume = VAV*),

sistem tata udara yang mengendalikan temperatur bola kering dalam suatu ruangan dengan mengatur laju aliran udara yang masuk ke dalam ruangan tersebut.

1.2.10 sistem tata udara,

keseluruhan sistem yang mengkondisikan udara di dalam gedung dengan mengatur besaran termal seperti temperatur dan kelembaban relatif, serta kesegaran dan kebersihannya, sedemikian rupa sehingga diperoleh kondisi ruangan yang nyaman.

1.2.11 trakeostomi,

suatu tindakan dengan membuka dinding depan/interior trakea untuk mempertahankan jalan nafas agar udara dapat masuk ke paru-paru dan memintas jalan nafas bagian atas. Selain itu, trakeostomi merupakan prosedur operasi yang bertujuan untuk membuat jalan nafas didalam trakea servikal.

1.2.12 ULPA (*Ultra Low Penetration Air*),

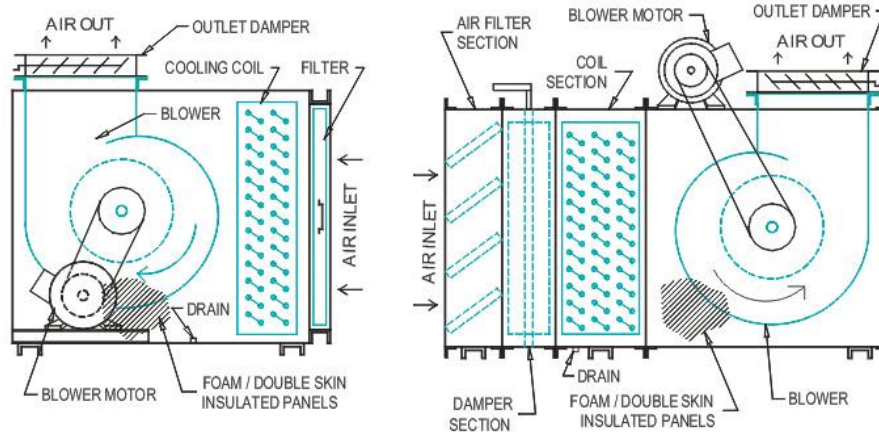
Filter udara yang dapat menyaring udara sekurang-kurangnya 99,999 % debu, serbuk sari, jamur, bakteri, dan semua partikel berukuran 120 nanometer (0,12 micron) atau lebih besar di udara.



Gambar 1.2.2 - Bentuk fisik ULPA Filter.

1.2.13 unit pengolah udara (*Air Handling Unit*).

alat yang digunakan untuk mengkondisikan dan mensirkulasikan udara, pada sistem pemanasan, ventilasi dan pengkondisian udara (Heating, Ventilating, Air Conditioning = HVAC).



Gambar 1.2.13a - Skematik Unit Pengolah Udara (AHU)



Gambar 1.2.13b - Bentuk fisik Unit Pengolah Udara (AHU)

Unit pengolah udara biasanya berupa kotak besar berisi blower, koil pemanas atau pendingin, rak filter atau chamber, peredam suara, dan damper.

Unit pengolah udara biasanya disambungkan ke sistem *ducting* (saluran udara) ventilasi dan mendistribusikan udara yang telah dikondisikan melalui terminal-terminal dan balik ke Unit Pengolah Udara.

Kadang-kadang UPU (AHU) menyemburkan udara ke dan dari ruangan yang dilayani kemudian balik langsung tanpa menggunakan *ducting*.

1.2.14 ventilasi udara luar (*Outdoor ventilation*),

pemasukan udara segar dari luar ke dalam gedung dengan sengaja, untuk menjaga kesejukan atau kualitas udara.

1.3. Maksud dan Tujuan.

1.3.1. Pedoman teknis ini dimaksudkan sebagai ketentuan minimal bagi semua pihak yang terlibat dalam perencanaan, pembangunan dan pengelolaan instalasi tata udara pada bangunan rumah sakit.

1.3.2. Pedoman teknis ini bertujuan untuk memperoleh kondisi termal dan kualitas udara sesuai fungsi ruang yang dibutuhkan bagi pasien, tenaga medis dan pengunjung di rumah sakit.

1.4 Ruang Lingkup.

1.4.1 Pedoman teknis ini diberlakukan terhadap kinerja instalasi tata udara sesuai kriteria penggunaan energi yang efektif.

1.4.2. Ruang lingkup pedoman teknis prasarana instalasi tata udara rumah sakit ini, meliputi :

Bab - I : Ketentuan Umum.

Bab - II : Fasilitas Perawatan Kesehatan.

Bab - III : Fasilitas Rumah Sakit.

Bab - IV : Fasilitas Perawatan Kesehatan Rawat Jalan.

Bab - V : Fasilitas Rumah Perawatan/Panti Jompo.

Bab - VI : Pengoperasian Dan Pemeliharaan.

Bab - VII : Penutup

Lampiran.

BAB – II

FASILITAS PERAWATAN KESEHATAN

2.1 Pendahuluan.

2.1.1 Kemajuan terus menerus dalam bidang kedokteran dan teknologi membutuhkan evaluasi ulang kebutuhan pengkondisian udara (*air conditioning*) pada fasilitas medik rumah sakit.

Bukti medis menunjukkan bahwa pengkondisian udara yang tepat sangat membantu dalam pencegahan dan pengobatan berbagai penyakit.

Biaya yang relatif tinggi dari instalasi pengkondisian udara menuntut perancangan dan pengoperasian yang efisien untuk menjamin manajemen energi yang ekonomis.

2.1.2 Klasifikasi hunian perawatan kesehatan, didasarkan pada pedoman hunian terbaru dari *NFPA*, harus dipertimbangkan pada awal dari tahap perancangan proyek, terutama karena hunian perawatan kesehatan penting untuk mengadaptasi proteksi kebakaran terhadap hunian (zona asap, pengendalian asap) lebih ketat kedepan dengan sistem tata udara.

2.1.3 Fasilitas kesehatan menjadi semakin beragam dalam menanggapi kecenderungan menuju layanan rawat jalan.

Klinik pada jangka panjang mungkin merujuk bangunan tempat kerja dokter dan menjadi pusat pengobatan khusus kanker.

Pemeliharaan kesehatan prabayar yang disediakan oleh organisasi kesehatan regional yang terintegrasi merupakan model seperti untuk perawatan medis melahirkan.

Organisasi ini, sepanjang berdirinya rumah sakit, merupakan bangunan yang terlihat tidak seperti rumah sakit dan lebih seperti gedung perkantoran.

2.1.4 Untuk tujuan bab ini, fasilitas kesehatan dibagi dalam katagori berikut :

- (1) Fasilitas rumah sakit.
- (2) Fasilitas perawatan kesehatan rawat jalan.

2.1.5 Kondisi lingkungan spesifik yang berbeda dengan apa yang ada pada bab ini, tergantung pada standar lingkungan apa yang digunakan oleh instansi yang berwenang.

2.1.6 Instansi berwenang mungkin memiliki standar fasilitas kesehatan yang berbeda, seperti yang diterbitkan oleh Kementerian Kesehatan, Dinas Kesehatan setempat, atau Organisasi Komisi Bersama Akreditasi Kesehatan Rumah Sakit (JCAHO = Joint Commission on Accreditation of Healthcare Organization).

Dianjurkan instansi-instansi tersebut dapat mendiskusikan tentang tujuan pengendalian infeksius bersama Komite Pengendalian Infeksi Rumah Sakit.

2.1.7 Butir 2.1.4.(1) menjelaskan rumah sakit umum sebagai dasar uraian dimana berbagai layanan yang disediakan.

Kondisi lingkungan dan kriteria rancangan berlaku untuk daerah fasilitas kesehatan lainnya yang sebanding.

Rumah sakit umum untuk perawatan akut memiliki ruang perawatan kritis, termasuk kamar operasi, kamar persiapan melahirkan, kamar melahirkan, dan kamar bayi.

Biasanya fungsi radiologi, laboratorium, pusat steril, dan farmasi terletak dekat dengan ruang perawatan kritis.

Ruang perawatan inap, termasuk perawatan intensif, ruang gawat darurat, ada di dalam kompleks ruang perawatan.

Fasilitas penunjang, termasuk layanan dapur, makan dan makanan, kamar mayat, dan dukungan kebersihan terpusat.

2.1.8 Butir 2.1.4.(2) menjelaskan kriteria untuk fasilitas rawat jalan. Tindakan operasi harian (*One day care*) dilakukan dengan antisipasi bahwa pasien tidak akan tinggal bermalam.

Fasilitas rawat jalan mungkin termasuk bagian dari fasilitas akut, unit berdiri sendiri, atau bagian lain dari fasilitas medik.

2.1.9 Butir 2.1.4.(3) membahas Rumah Perawatan/Panti jompo yang secara terpisah persyaratan fundamentalnya sangat berbeda dari fasilitas medis lainnya.

2.2 Pengkondisian Udara (*Air Conditioning*) untuk tindakan pencegahan terhadap penyakit.

2.2.1 Pengkondisian udara di rumah sakit mempunyai peran yang lebih penting dari sekedar promosi kenyamanan. Dalam banyak kasus, pengkondisian udara yang tepat merupakan faktor terapi pasien dan dalam beberapa kasus merupakan pengobatan utama.

2.2.2 Studi menunjukkan bahwa pasien dalam lingkungan terkendali umumnya memiliki penyembuhan fisik lebih cepat daripada orang-orang di lingkungan yang tidak terkendali.

Pasien dengan *tirotoksikosis* tidak menghendaki kondisi lembab atau gelombang panas yang sangat tinggi. Suatu lingkungan yang sejuk, dan kering disukai, hilangnya panas radiasi dan penguapan dari kulit dapat menyelamatkan jiwa pasien.

2.2.3 Pasien jantung mungkin tidak dapat mempertahankan sirkulasi yang diperlukan untuk memastikan kerugian panas normal. Oleh karena itu pengkondisian udara di ruang rawat jantung dan ruang pasien jantung, terutama mereka yang gagal jantung diperlukan dan dianggap terapi.

2.2.4 Seseorang dengan cedera kepala, dan mengalami operasi otak, dan yang keracunan *barbiturat* mungkin memiliki *hipertermia*, terutama dilingkungan yang panas, karena adanya gangguan di pusat pengatur panas otak.

2.2.5 Faktor penting dalam pemulihan lingkungan, pasien dapat mengurangi panas oleh radiasi dan penguapan pada ruangan yang sejuk serta udara kering.

2.2.6 Suatu lingkungan yang panas dengan temperatur 32⁰C bola kering dan kelembaban relatif 35% telah berhasil digunakan untuk merawat pasien radang sendi.

2.2.7 Kondisi kering juga dapat merupakan bahaya untuk yang sakit dan lemah dengan berkontribusi terhadap infeksi sekunder atau infeksi total yang tidak terkait dengan kondisi klinis yang menyebabkan perlu rawat inap.

2.2.8 Area klinis yang ditujukan untuk pengobatan penyakit pernapasan atas dan perawatan akut, serta area klinis umum dari seluruh rumah sakit, harus dipertahankan pada kelembaban relatif 30% sampai 60%.

2.2.9 Pasien dengan penyakit paru-paru kronis sering memiliki lendir kental pada saluran pernapasannya. Lendir menumpuk dan meningkatkan viskositas, pasien bertukar dari panas dan air. Dalam keadaan ini menghirup udara lembab dan hangat, sangat penting untuk mencegah dehidrasi.

2.2.10 Pasien yang memerlukan terapi oksigen dan pasien dengan *tracheostomy* memerlukan perhatian khusus untuk menjamin kehangatan dan pasokan udara lembab.

Dingin, oksigen kering atau melalui *mucosa nasopharyngeal* menyajikan situasi yang ekstrem.

Teknik pernapasan untuk anestesi dan tertutup dalam inkubator adalah sarana khusus menangani kehilangan gangguan panas di lingkungan terapeutik.

2.2.11 Pasien luka bakar membutuhkan lingkungan yang hangat dan kelembaban relatif tinggi. Bangsal untuk korban luka bakar harus memiliki kontrol temperatur yang memungkinkan penyesuaian temperatur ruangan sampai 32⁰C bola kering dan kelembaban relatif hingga 95%.

BAB – III

FASILITAS RUMAH SAKIT

3.1 Fasilitas Rumah Sakit.

3.1.1 Meskipun pengkondisian udara (*air conditioning*) yang tepat sangat membantu dalam pencegahan dan pengobatan penyakit, penerapan pengkondisian udara untuk fasilitas kesehatan menunjukkan bahwa masih banyak masalah dihadapi yang tidak dijumpai pada sistem pengkondisian udara yang nyaman.

3.1.2 Perbedaan dasar antara pengkondisian udara untuk rumah sakit (dan fasilitas kesehatan yang terkait) dan jenis bangunan lainnya antara lain :

- (1) kebutuhan untuk membatasi pergerakan udara di dalam dan antara berbagai bagian di rumah sakit;
- (2) persyaratan khusus ventilasi dan filtrasi untuk melarutkan dan menghilangkan kontaminasi dalam bentuk bau, mikroorganisme udara, virus, kimia berbahaya dan zat radioaktif;
- (3) temperatur dan kelembaban udara yang berbeda untuk berbagai area; dan
- (4) perancangan yang canggih dibutuhkan untuk memungkinkan kontrol secara akurat dari kondisi lingkungan.

3.1.3 Sumber Infeksi dan Tindakan Pengendalian.

3.1.3.1 Infeksi Bakteri.

- (1) Contoh bakteri yang sangat menular dan terbawa dalam campuran udara atau udara dan air adalah *Mycobacterium tuberculosis* dan *Legionella pneumophila* (penyakit legionnaire).
- (2) Well (1934) menunjukkan bahwa tetesan atau zat infeksius berukuran 5 µm atau kurang, dapat tetap diudara tanpa batas.
- (3) Isoard (1980) dan Luciano (1984) telah menunjukkan bahwa 99,9% dari semua bakteri yang berada di rumah sakit dapat dihilangkan oleh filter dengan efisiensi 90% sampai 95% (ASHRAE Standar 52.1).
- (4) Hal ini disebabkan bakteri biasanya ada dalam unit pembentuk koloni yang besarnya lebih dari 1µm.
- (5) Beberapa otoritas merekomendasikan penggunaan filter HEPA yang mempunyai test filter Dioctyl phthalate (DOP) dengan efisiensi penyaringan 99,97% di area tertentu.

3.1.3.2 Infeksi Virus.

- (1) Contoh virus yang terbawa oleh udara dan mematikan, seperti *Varisela* (cacar air/herpes zoster), *Rubella* (Campak, Jerman) dan *Rubeola* (campak biasa).

- (2) Pembuktian *epidemiologis* dan studi lain menunjukkan bahwa banyak virus di udara yang membawa infeksi berukuran sub mikron, dengan demikian tidak ada metode yang layak dikenal untuk secara efektif menghilangkan 100% dari partikel-partikel.
- (3) Saat ini tersedia filter HEPA dan/atau filter ULPA yang memberikan efisiensi terbesar.
- (4) Upaya untuk menonaktifkan virus dengan sinar ultra violet dan semprotan kimia belum terbukti dapat diandalkan atau cukup efektif untuk direkomendasikan sebagai tindakan pengendalian infeksi primer.
- (5) Oleh karena itu isolasi ruang dan isolasi ruang antara (*ante room*) dengan perbedaan tekanan dan ventilasi yang tepat merupakan sarana utama digunakan untuk mencegah penyebaran virus di lingkungan rumah sakit.

3.1.3.3 Jamur.

Bukti menunjukkan bahwa beberapa jamur seperti *Aspergillus* bisa berakibat fatal untuk leukemia, transplantasi sumsum tulang, dan pasien *immunocompromis* lainnya.

3.1.3.4 Ventilasi Udara Luar.

- (1) Jika intake (lubang masuk) udara luar diletakkan dan dijaga dengan benar, area dan intake udara luar dibuat dengan pertukaran udara yang cukup besar, dapat membuat area tersebut hampir bebas dari bakteri dan virus.
- (2) Masalah kontrol infeksi sering melibatkan sumber bakteri atau virus di dalam rumah sakit. Ventilasi udara melarutkan kontaminasi virus dan bakteri dalam rumah sakit.
- (3) Jika sistem ventilasi dirancang dengan benar, dibangun dan dipelihara untuk menjaga perbedaan tekanan korektif antara area fungsional, maka dapat menghapus zat infeksius dari lingkungan rumah sakit.

3.1.3.5 Temperatur dan Kelembaban.

- (1) Kondisi termal ini dapat menghambat atau mendorong pertumbuhan bakteri dan mengaktifkan atau menonaktifkan virus.
- (2) Beberapa bakteri seperti *Legionella pneumophila* pada dasarnya tetap bertahan dalam air dan dalam lingkungan yang lembab.
- (3) Ketentuan teknis menetapkan rentang kriteria temperatur dan kelembaban udara di beberapa area rumah sakit sebagai parameter untuk pengendalian infeksi dan kenyamanan.

3.2 Kualitas Udara.

Sistem harus memberikan udara yang hampir bebas dari debu, bau, kimia dan polutan radioaktif.

Dalam beberapa kasus, udara luar berbahaya untuk kondisi pasien yang menderita *cardiopulmonary*, pernapasan dan paru-paru.

Dalam hal demikian, sistem yang memberikan udara selang seling (*intermittent*) dari resirkulasi maksimum yang diijinkan perlu dipertimbangkan.

3.2.1 *Intake Udara Luar (Outdoor Intake).*

3.2.1.1 Intake ini harus ditempatkan sejauh mungkin (pada paparan yang berbeda secara terarah bila memungkinkan), tetapi tidak kurang dari 9 m dari cerobong *outlet* (lubang ke luar) buangan dari : peralatan pembakaran, *outlet* buangan ventilasi rumah sakit atau bangunan yang berdekatan, sistem vakum bedah medis, menara pendingin, cerobong ven plambing, dan area yang dapat mengumpulkan gas buang kendaraan dan asap berbahaya lainnya.

3.2.1.2 Apabila *Inlet* udara luar berada dekat dengan *outlet* yang cocok untuk pembuangan udara resirkulasi, pembuangan udara harus tidak terjadi hubung pendek ke *intake* udara luar atau sistem kipas yang digunakan untuk pengendalian asap.

3.2.1.3 Letak *intake* udara luar yang melayani sistem sentral harus ditempatkan praktis tidak kurang dari 1,8 m di atas permukaan lantai, atau jika dipasang di atas atap pada 0,9 m di atas permukaan atap.

3.2.2 *Outlet Pembuangan (Exhaust Outlets).*

3.2.2.1 *Outlet* pembuangan ini harus ditempatkan minimal 3 m di atas permukaan lantai dan jauh dari pintu, area yang dihuni, dan pengoperasian jendela.

Lokasi yang lebih baik dari *outlet* pembuangan berdiri tegak keatas atau horizontal jauh dari *intake* udara luar.

3.2.2.2 Kehati-hatian perlu dilakukan dalam menempatkan buangan yang terkontaminasi tinggi (misalnya dari mesin, tudung asam, lemari keselamatan biologi, tudung dapur, dan ruang pengecatan).

Umumnya angin, bangunan yang berdekatan, dan kecepatan pelepasan harus diperhitungkan. Dalam aplikasi kritis studi terowongan angin atau pemodelan komputer mungkin diperlukan.

3.2.3 *Filter Udara.*

3.2.3.1 Untuk menghilangkan partikel dari aliran udara, sejumlah metode telah tersedia untuk menentukan efisiensi filter yang akan digunakan.

3.2.3.2 Semua ventilasi atau sistem pengkondisian udara terpusat harus dilengkapi dengan filter yang memiliki efisiensi tidak lebih rendah dari yang ditunjukkan dalam tabel 1.

3.2.3.3 Apabila diperlukan digunakan dua *dudukan filter*, *dudukan filter* no.1 harus terletak di hulu dari peralatan pengkondisian udara dan *dudukan filter* no.2 harus di hilir fan pasok bila sistem resirkulasi menggunakan percikan air untuk humidifier

3.2.3.4 Tindakan pencegahan yang tepat harus diamati untuk mencegah filter media menjadi basah oleh kelembaban uap air dari humidifier.

Apabila hanya satu *dudukan filter* diperlukan, harus terletak di hulu dari peralatan pengkondisian udara. Semua efisiensi filter didasarkan pada standar ASHRAE 52.1.

3.2.3.5 Berikut ini adalah panduan untuk instalasi filter :

- 1). Filter HEPA yang mempunyai efisiensi uji DOP 99,97% harus digunakan pada sistem pasokan udara yang melayani ruang untuk pengobatan klinis dengan kerentanan tinggi terhadap infeksi dari penderita leukimia, luka bakar, transplantasi sumsum tulang, transplantasi organ atau *immunodeficiency sindrom* (AIDS).

Filter HEPA juga harus digunakan pada aliran udara lemari asam atau lemari penyimpanan di mana bahan menular atau sangat radioaktif diproses.

Sistem filter harus dirancang dan dilengkapi untuk mengizinkan pemindahan, pembuangan dan penggantian filter dengan aman.
- 2). Semua filter harus dipasang dengan tepat untuk mencegah kebocoran antar segmen filter dan antara dudukan filter dan rangka pendukungnya.

Suatu kebocoran kecil memungkinkan udara terkontaminasi melalui filter, hal ini dapat menghancurkan kegunaan filter sebagai pembersih udara terbaik.
- 3). Sebuah manometer harus dipasang dalam sistem filter untuk mengukur penurunan tekanan di setiap kelompok filter. Tindakan pencegahan ini dimaksudkan untuk mengetahui secara akurat kapan filter harus diganti.
- 4). Filter dengan efisiensi tinggi harus dipasang dalam sistem dengan fasilitas yang memadai, disediakan untuk pemeliharaan tanpa memasukkan kontaminasi ke dalam sistem penyaluran atau area yang dilayani.
- 5). Karena filter efisiensi tinggi harganya mahal, rumah sakit harus memproyeksikan umur dudukan filter dan biaya pengantiannya serta memasukkan ini ke dalam anggaran operasional rumah sakit.
- 6). Selama konstruksi, bukaan pada *ducting* dan *diffuser* harus ditutup untuk mencegah intrusi debu, kotoran dan bahan-bahan berbahaya lainnya. Kontaminasi tersebut sering permanen dan menjadikan media untuk pertumbuhan zat infeksius. Filter yang ada atau baru mungkin cepat menjadi terkontaminasi oleh debu konstruksi.

Tabel 1

Efisiensi filter untuk Ventilasi sentral dan Sistem Pengkondisian Udara di Rumah Sakit Umum.

Jumlah minimum dudukan filter.	Tujuan Area	Filter Efficiencies, %		
		Dudukan filter		
		No. 1 ^a	No. 2 ^a	No. 3 ^b
3	Ruang operasi Orthopedic.	25	90	99.97 ^c
	Ruang operasi transplantasi tulang belakang.			
	Ruang operasi transplantasi Organ			
2	Ruang operasi prosedur umum.	25	90	
	Ruang melahirkan.			
	Ruang anak.			
	Unit Perawatan Intensif.			
	Ruang Perawatan Pasien.			
	Ruang Tindakan. Diagnostik dan area terkait.			
1	Laboratorium.	80		
	Penyimpanan Sterile.			

1	Area Persiapan Makanan. Laundri.	25		
	Area Administrasi.			
	Penyimpanan besar			
	Area Kotor.			

^a Didasarkan pada ASHRAE Standard 52.1-1992.

^b Didasarkan pada tes DOP.

^c HEPA filter pada outlet.

3.3 Gerakan Udara

3.3.1 Data yang diberikan dalam tabel 2 menggambarkan sejauh mana kontaminasi dapat tersebar ke udara dan lingkungan rumah sakit dengan salah satu kegiatan rutin yang banyak dilakukan untuk perawatan pasien normal.

3.3.2 Penghitungan bakteri di lorong jelas menunjukkan penyebaran kontaminasi ini. Karena penyebaran bakteri yang ditimbulkan oleh suatu kegiatan, sistem pengkondisian udara harus menyediakan pola gerakan udara yang meminimalkan penyebaran kontaminasi

Table 2

Tabel 2 – Pengaruh penggantian sprei terhadap hitungan bakteri di udara dalam rumah sakit. (*Influence of Bedmaking on Airborne Bacterial Count in Hospitals*)

Item	Hitungan per m ³	
	Di dalam kamar pasien	Kamar pasien dekat lorong
Kebersihan ruangan	1200	1060
Selama penggantian sprei	4940	2260
Setelah 10 menit	2120	1470
Setelah 30 menit	1270	950
Kebersihan ruangan (background)	560	
Penggantian sprei normal (Normal bedmaking)	3520	
Penggantian sprei dengan bersemangat (Vigorous bedmaking)	6070	

Sumber Greene et al. (1960)

3.3.3 Aliran udara yang tidak diinginkan antara ruangan dan lantai sering sekali sulit untuk dikontrol, hal tersebut terjadi karena adanya pintu yang terbuka, gerakan petugas dan pasien, perbedaan temperatur, dan efek cerobong, terutama ditekankan pada bukaan vertikal seperti tempat peluncuran, saf lif, tangga, dan saf yang umumnya untuk kebutuhan mekanikal rumah sakit.

Sementara beberapa dari faktor ini di luar kendali praktis, efek lain mungkin diminimalkan dengan menutup bukaan saf di ruang tertutup dan dengan merancang dan menyeimbangkan sistem udara untuk menciptakan tekanan udara positif atau negatif dalam ruang dan area tertentu.

3.3.4 Sistem yang melayani area sangat terkontaminasi, seperti ruang otopsi dan ruang isolasi pasien menular atau *immunocompromise*, tekanan udara positif atau negatif harus dijaga terhadap ruang sebelah atau koridor.

Tekanan diperoleh dengan memasok udara sedikit lebih ke area terhadap udara yang dibuang dari area. Hal ini akan menyebabkan udara mengalir ke area sekitar perimeter pintu dan mencegah aliran udara dari luar.

3.3.5 Ruang operasi menunjukkan kondisi yang berlawanan. Ruangan ini membutuhkan udara yang bebas dari kontaminasi, harus bertekanan relatif positif terhadap ruang sebelah atau koridor untuk mencegah aliran udara masuk dari area yang relatif sangat terkontaminasi.

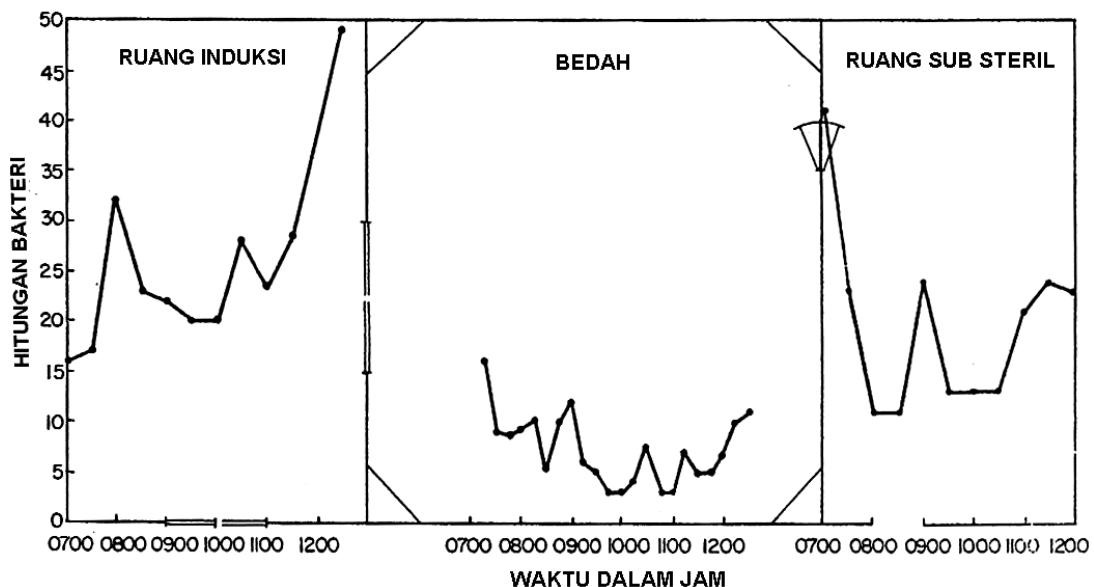
3.3.6 Suatu perbedaan tekanan udara dapat dijaga hanya di ruangan yang seluruhnya tertutup. Oleh karena itu penting untuk mencegah kebocoran udara dari semua pintu atau pembatas antara area yang berdekatan.

3.3.7 Paling penting dilakukan adalah dengan menggunakan penahan cuaca dan penutup bawah pada pintu. Pembukaan atau penutupan pintu antara dua area secara cepat dapat mengurangi perbedaan tekanan di antara area tersebut.

Apabila terjadi bukaan, suatu pertukaran udara alami berlangsung karena adanya arus termal yang ditimbulkan dari perbedaan temperatur antara dua area tersebut.

3.3.8 Untuk area kritis yang membutuhkan pemeliharaan tekanan pada ruang-ruang yang berdekatan dan gerakan petugas antara area kritis dan ruang berdekatan, diindikasikan penggunaan kunci udara (*air lock*) atau ruang antara.

3.3.9 Gambar 1, menunjukkan jumlah bakteri di ruang operasi dan ruang sebelah selama prosedur operasi normal. Penghitungan bakteri dilakukan secara bersamaan. Jumlah bakteri relatif rendah di ruang operasi dibandingkan dengan petugas yang berada di ruang sebelah, disebabkan oleh tingkat yang lebih rendah aktivitasnya dan tekanan tinggi udara di dalam ruang operasi.



Gambar 1 - Tipikal Pencemaran udara dalam Area Bedah dan area bersebelahan

3.3.10 Secara umum, *outlet* suplai udara ke area-area sensitif dan area ultra bersih yang sangat terkontaminasi harus ditempatkan pada langit-langit, dan *inlet* buangan dekat dengan lantai.

3.3.11 Susunan ini memberikan gerakan udara bersih ke bawah melalui zona pernapasan dan zone kerja pada luas lantai yang terkontaminasi untuk dibuang.

Bagian bawah bukaan balik atau buang harus setidaknya 75 mm di atas lantai.

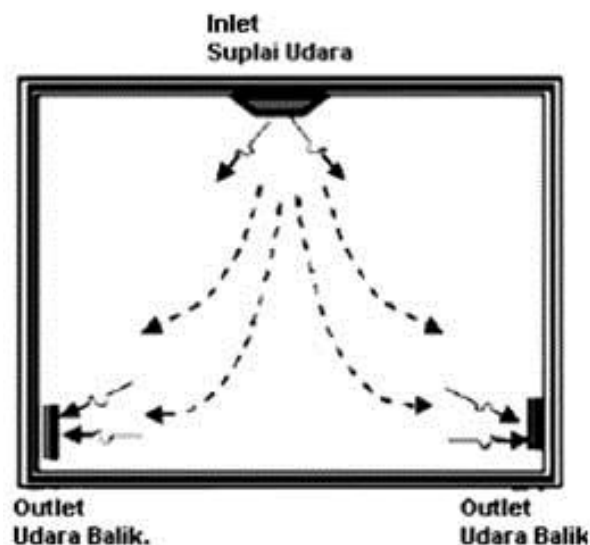
3.3.12 Aliran udara laminar

3.3.12.1 Aliran udara laminar konsep yang dikembangkan untuk penggunaan industri ruang bersih telah menarik minat dari beberapa otoritas medis.

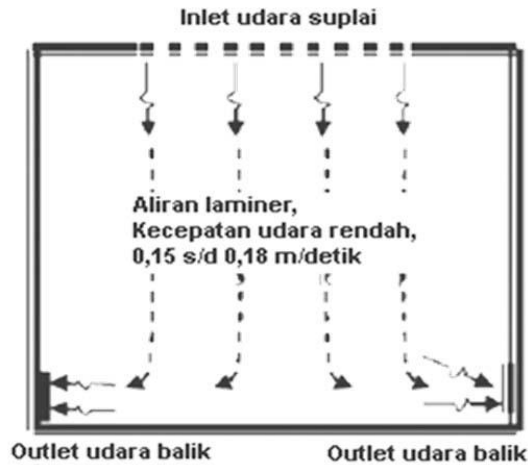
3.3.12.2 Adanya sistem pendukung baik aliran udara laminar vertikal dan horizontal terpisah dari bangunan, menyulitkan kerja tim bedah.

3.3.12.3 Beberapa otoritas medis tidak menganjurkan aliran udara laminar seperti butir 3.3.12.2 untuk ruang operasi, tetapi mendorong sistem udara yang mirip dengan yang dijelaskan pada butir 3.3.12.(2).

3.3.12.4 Aliran udara laminar di ruang operasi bedah didefinisikan sebagai aliran udara yang secara dominan searah dan tidak terhalang. Pola aliran udara laminar searah biasanya dicapai pada kecepatan $0,46 \pm 0,10$ m/detik.



Gambar 3.3.12.a – Aliran udara non laminair.



Gambar 3.3.12.b – Aliran udara laminair.

3.3.12.5 Sistem aliran udara laminar telah digunakan untuk pengobatan pasien yang sangat rentan terhadap infeksi. Diantara pasien tersebut ada yang menjalani terapi radiasi, kemoterapi terkonsentrasi, transplantasi organ, amputasi dan penggantian sendi.

3.4 Temperatur dan Kelembaban Udara.

Rekomendasi khusus untuk rancangan temperatur dan kelembaban udara diberikan pada bab selanjutnya. Persyaratan kriteria rancangan khusus, temperatur dan kelembaban udara untuk area rawat inap lain yang tidak tercakup harus 22°C atau kurang dan 30% sampai 60%.



Gambar 3.3.12.c – Kamar bedah dengan aliran udara laminair.

3.5 Perbedaan Tekanan dan Ventilasi.

3.5.1 Tabel 3 mencakup standar ventilasi untuk kenyamanan, aseptis, dan kontrol bau di area perawatan akut rumah sakit yang secara langsung mempengaruhi perawatan pasien.

3.5.2 Jika kriteria instansi tertentu harus dipenuhi maka merujuk pada literatur ventilasi sesuai dengan ASHRAE 62, Standar Kualitas Udara Ventilasi untuk Bagian Dalam Bangunan (*Ventilation for acceptable Indoor Air Quality*) harus digunakan untuk standar tempat-tempat khusus.

3.5.3 Apabila kebutuhan udara luar lebih tinggi dari yang disebut pada standar ASHRAE 62 di tabel 3, nilai yang lebih tinggi harus digunakan.

3.5.4 Area khusus pasien termasuk untuk transplantasi organ dan unit luka bakar, harus memiliki ketentuan tambahan untuk ventilasi pengendalian kualitas udara yang sesuai. Perancangan sistem ventilasi harus sebanyak mungkin memberikan pergerakan udara dari bersih ke area kurang bersih.

3.5.5 Di area perawatan kritis, sistem volume konstan harus digunakan untuk menjamin perbedaan tekanan dan ventilasi yang tepat, kecuali di ruang kosong. Di area perawatan non kritis dan ruang petugas, sistem volume udara variabel (*Variable Air Volume = VAV*) dapat dipertimbangkan untuk konservasi energi.

3.5.6 Bila menggunakan sistem VAV dalam rumah sakit, perawatan khusus harus dilakukan untuk memastikan bahwa tingkat ventilasi minimal (seperti yang dipersyaratkan oleh persyaratan teknis yang berlaku) dan perbedaan tekanan antara di berbagai bagian dipertahankan.

Dengan sistem VAV, metode penelusuran volume udara antara pasokan dan pembuangan/balik dapat digunakan untuk mengontrol perbedaan tekanan.

Dalam tabel 3, area yang memerlukan kontrol terus menerus diberi notasi P untuk tekanan positif, N untuk tekanan negatif dan E untuk tidak ada perbedaan tekanan. Apabila notasi \pm digunakan berarti tidak ada persyaratan untuk mengontrol terus menerus arah aliran.

3.5.7 Jika ketentuan ini dibuat jumlah pertukaran udara dapat dikurangi sampai 25% dari nilai yang ditunjukkan pada saat ruangan kosong,

Untuk memastikannya maka :

- (1) jumlah pertukaran udara yang diindikasikan dikembalikan ke posisi semula setiap kali ruang ditempati; dan
- (2) perbedaan tekanan dengan ruangan disekelilingnya dijaga ketika pertukaran udara berkurang.

3.5.8 Di area yang tidak memerlukan kontrol arah aliran yang terus menerus, sistem ventilasi dapat dimatikan apabila ruang tidak berpenghuni dan jika ventilasi tidak dibutuhkan.

3.5.9 Karena kesulitan pembersihan dan potensi penumpukan kontaminasi, unit resirkulasi ruang tidak boleh digunakan di area yang ditandai "Tidak". Perhatikan bahwa standar resirkulasi ruang juga dapat untuk mengontrol di mana gas buang keluar diperlukan.

3.5.10 Di kamar yang mempunyai tudung, tambahan udara harus disediakan untuk pembuangan udara pada tudung sehingga perbedaan tekanan yang diinginkan dipertahankan.

3.5.11 Untuk konservasi energi maksimum, penggunaan resirkulasi udara lebih disukai. Jika sistem udara digunakan semuanya dari luar, metode pemanfaatan kembali panas yang efisien harus dipertimbangkan.

3.6 Pengendalian Asap.

3.6.1 Sebagai rancangan ventilasi yang dikembangkan, strategi pengendalian asap yang tepat harus dipertimbangkan. Sistem proteksi kebakaran pasif mengandalkan pada mematikan fan, partisi asap dan api, dan pengoperasian jendela. Pemeliharaan yang tepat dari tembusan (penetrasi) *ducting* harus diperhatikan.

3.6.2 Sistem pengendalian asap aktif yang menggunakan sistem ventilasi menciptakan area tekanan positif dan negatif dan bersama dengan partisi api dan asap membatasi penyebaran asap.

Cara menghilangkan asap dari hasil produk pembakaran dapat menggunakan sistem ventilasi mekanis. Sebagai rancangan, sistem pengendalian asap aktif terus berkembang, otoritas keinsinyuran dan persyaratan teknis harus hati-hati merencanakan sistem operasi dan konfigurasinya.

3.7 Kriteria Rancangan Spesifik.

3.7.1 Terdapat tujuh prinsip pembagian rumah sakit umum untuk pelayanan akut, yaitu :

- (1) bedah dan perawatan kritis;
- (2) perawatan;
- (3) penunjang;
- (4) administrasi;
- (5) diagnostik dan pengobatan;
- (6) sterilisasi dan suplai; dan
- (7) pelayanan.

3.7.2 Persyaratan lingkungan dari setiap bagian/ruang di dalam pembagian ini berbeda satu sama lain sesuai fungsinya dan prosedur melakukannya. Bab ini menjelaskan fungsi dari setiap bagian/ruang dan lingkup uraian dari persyaratan perancangan.

3.7.3 Kerja sama yang erat perencana perawatan kesehatan dengan spesialis peralatan medik dalam perancangan mekanikal dan konstruksi fasilitas kesehatan penting untuk mencapai kondisi yang diinginkan.

3.8 Bedah dan Perawatan Kritis.

3.8.1 Tidak ada persyaratan rumah sakit yang tidak memerlukan kehati-hatian lebih dalam pengendalian kondisi aseptik dari lingkungannya selain kamar bedah.

Sistem yang melayani ruang operasi, termasuk *cystoscopic* dan ruang bedah tulang, membutuhkan kehati-hatian dalam perencanaan untuk mengurangi seminimum mungkin konsentrasi organisme di udara.

3.8.2 Sejumlah besar bakteri terdapat dalam ruang operasi yang datangnya dari tim bedah dan hasil daripada kegiatan selama pembedahan.

Selama operasi, banyak anggota tim bedah berada disekeliling meja operasi, menciptakan situasi terjadinya konsentrasi pencemaran yang tidak diinginkan di area yang mempunyai sensitif tinggi.

3.8.3 Kamar Operasi.

3.8.3.1 Studi sistem distribusi udara ruang operasi dan observasi instalasi di kamar bersih industri menunjukkan bahwa penyaluran udara dari langit-langit, dengan gerakan ke bawah menuju inlet pembuangan yang terletak di dinding yang berlawanan, merupakan aliran udara yang paling efektif untuk menjaga pola gerakan konsentrasi kontaminasi pada tingkat yang dapat diterima.

Langit-langit yang sepenuhnya berlubang, langit-langit sebagian berlubang dan diffuser yang dipasang di langit-langit telah diterapkan dengan sukses.

3.8.3.2 Penggunaan rata-rata kamar operasi di rumah sakit tidak lebih dari 8 sampai 12 jam per hari (kecuali kondisi darurat). Untuk alasan ini dan untuk penghematan energi, sistem pengkondisian udara harus memungkinkan pengurangan pasokan udara ke beberapa atau ke semua ruang operasi.

3.8.3.3 Tekanan positif pada ruang harus tetap dipertahankan pada saat volume berkurang untuk memastikan kondisi steril tetap terjaga. Konsultasi dengan staf bedah rumah sakit akan menentukan kelayakan penyediaan fasilitas ini.

3.8.3.4 Sebuah sistem pembuangan udara atau sistem vakum khusus harus dipasang untuk menghilangkan buangan gas anestesi.

Sistem vakum medis telah digunakan untuk menghilangkan gas anestesi yang tidak mudah terbakar. Satu atau lebih outlet mungkin diletakkan di setiap ruang operasi untuk memungkinkan penyambungan ke slang buangan gas anestesi dari mesin anestesi.

3.8.3.5 Metode disinfeksi udara dengan penyinaran (irradiation) di ruang operasi telah dilaporkan dengan hasil baik, namun ini jarang digunakan.

Keengganan untuk menggunakan irradiasi disebabkan: instalasinya memerlukan rancangan khusus, diperlukan proteksi bagi pasien dan petugas, perlu memonitor efisiensi lampu dan pemeliharaan.

3.8.3.6 Kondisi berikut direkomendasikan untuk ruang operasi, *catherisasi*, *cystoscopy*, dan bedah tulang:

- (1) harus mampu mencapai temperatur 20^o sampai 24^oC;
- (2) kelembaban relatif udara harus dijaga antara 50% ~ 60%;
- (3) tekanan udara harus dijaga positif yang berhubungan dengan ruang disebelahnya dengan memasok udara lebih dari 15%;
- (4) pembacaan perbedaan tekanan di ruang harus dipasang untuk memungkinkan pembacaan tekanan udara dalam ruang. Menyekat seluruh dinding, langit-langit dan tembusan (penetrasi) pada lantai dan pintu untuk menjaga kondisi tekanan yang terbaca.
- (5) Indikator kelembaban udara dan thermometer harus ditempatkan pada lokasi yang mempermudah observasi (pengamatan).
- (6) efisiensi filter harus sesuai dengan tabel 1.
- (7) seluruh instalasi harus memenuhi ketentuan yang berlaku.

- (8) semua udara harus di suplai dari langit-langit dan dibuang atau dikembalikan pada sekurang-kurangnya 2 lokasi dekat dengan lantai (lihat tabel 3 untuk laju ventilasi minimum). Bagian bawah dari *outlet* pembuangan harus setidaknya 75 mm di atas lantai. Suplai diffuser harus dari jenis tidak langsung. Induksi yang tinggi pada difuser langit-langit atau difuser dinding harus dihindari.
- (9) bahan akustik tidak boleh digunakan sebagai lapisan *ducting* kecuali dipasang filter terminal dengan efisiensi minimum 90% arah hilir dari lapisan.
- Bagian dalam isolasi unit terminal dapat dikemas dengan bahan yang disetujui. Peredam suara yang dipasang pada *ducting* harus dari jenis tidak terbungkus atau memiliki lapisan film polyester yang diisi dengan bahan akustik.
- (10) Setiap penyemprotan yang diterapkan pada insulasi dan kedap api harus ditangani dengan zat penghambat pertumbuhan jamur.
- (11) Panjang kedap air dibuat secukupnya, *ducting* pengering udara dari bahan baja tahan karat harus dipasang arah hilir dari peralatan humidifier untuk menjamin seluruh uap air menguap sebelum udara masuk ke dalam ruangan.
- Pusat kontrol yang memantau dan memungkinkan penyesuaian tekanan, temperatur dan kelembaban udara, berada dilokasi meja pengawas ruang bedah.

3.8.4 Obstetrik (Obsterical-kebidanan).

Tekanan udara di bagian kebidanan harus positif atau sama terhadap area lain.

3.8.5 Ruang Melahirkan (*Delivery*)

Perancangan ruang melahirkan harus sesuai dengan persyaratan teknis ruang operasi.

3.8.6 Ruang Pemulihan (*Recovery*).

Ruang pemulihan paska operasi digunakan dalam hubungannya dengan ruang operasi, temperaturnya harus dipertahankan 24⁰C dan kelembaban relatif antara 50% dan 60%.

Karena bau sisa anestesi kadang-kadang menimbulkan masalah di ruang pemulihan, ventilasi menjadi penting, dan tekanan udara relatif seimbang terhadap tekanan udara area sekitarnya perlu disediakan.

3.8.7 Ruang perawatan bayi (*Nursery Suite*).

3.8.7.1 Ruang perawatan bayi di lingkungan rumah sakit, yang terpenting AHU menyediakan temperatur dan kelembaban udara konstan.

Pola pergerakan udara di ruang bayi dirancang hati-hati untuk mengurangi kemungkinan semburan. Semua suplai udara untuk ruang ini harus berada pada atau dekat langit-langit dan dibuang dekat lantai bagian bawah dengan bukaan buangan terletak setidaknya 75 mm di atas lantai.

3.8.7.2 Efisiensi sistem filter udara harus sesuai dengan tabel 1.

Bentuk radiasi pemanasan konveksi menggunakan tabung dan fin (*fin and tube*) tidak boleh digunakan di ruang bayi.

3.8.8 Ruang perawatan bayi jangka lama (Full Term Nursery).

3.8.8.1 Temperatur 24°C dan Kelembaban relatif dari 30% sampai 60% direkomendasikan untuk ruang bayi yang tinggal lama, ruang pemeriksaan dan ruang kerja.

Seksi perawatan ibu hamil harus dikontrol serupa seperti untuk proteksi bayi baru lahir selama berada dekat dengan ibunya.

3.8.8.2 Ruang bayi harus mempunyai tekanan udara positif sampai ke ruang kerja dan ruang pemeriksaan, dan setiap ruangan antara ruang bayi dan koridor harus serupa seperti tekanan relatif terhadap koridor. Hal ini mencegah infiltrasi kontaminasi udara dari area luar.

3.8.9 Ruang khusus perawatan bayi (Special Care Nursery).

Kondisi perancangan untuk ruang perawatan bayi membutuhkan rentang temperatur variabel yang mampu mencapai 24°C sampai 27°C dan kelembaban relatif 30% sampai 60%.

Ruang perawatan bayi biasanya dipasang dengan *incubator* individual untuk mengatur temperatur dan kelembaban. Hal ini diinginkan untuk menjaga kondisi yang sama di dalam ruang perawatan bayi dan untuk mengakomodasi bayi yang dipindahkan dari incubator dan setelah tidak ditempatkan dalam incubator. Tekanan pada ruang perawatan bayi ini harus sesuai dengan ruang perawatan bayi biasa.

3.8.10 Ruang observasi bayi (Observation Nursery).

Temperatur dan kelembaban udara untuk ruang bayi mirip dengan ruang bayi perawatan jangka panjang.

Karena bayi dalam pertumbuhan memiliki gejala klinis yang tidak biasa, udara di area ini harus tidak boleh masuk ke ruang bayi lainnya. Tekanan udara negatif terhadap tekanan udara ruang kerja harus dijaga di kamar bayi. Ruang kerja biasanya berada diantara ruang bayi dan koridor, harus relatif bertekanan positif terhadap koridor.

3.8.11 Ruang Gawat Darurat,

3.8.11.1 Bagian ini, dalam kebanyakan kasus, area yang paling sangat tercemar di rumah sakit sebagai akibat banyak pasien tiba dalam kondisi kotor dan jumlah pengantar yang relatif besar mendampingi mereka.

3.8.11.2 Temperatur dan kelembaban udara di dalam ruang gawat darurat dan ruang tunggu harus berada dalam batas kenyamanan.

3.8.12 Ruang Trauma.

Ruang trauma harus berventilasi sesuai persyaratan pada tabel 3.

Ruang operasi darurat yang terletak dekat ruang gawat darurat harus memiliki temperatur, kelembaban udara dan kebutuhan ventilasi sama seperti dengan persyaratan ruang operasi.

3.8.13 Ruang penyimpanan zat anestesi.

Ruang penyimpanan zat anestesi harus berventilasi dan harus memenuhi ketentuan yang berlaku (NFPA 99). Namun dianjurkan menggunakan ventilasi mekanik.

3.9 Perawatan.

3.9.1 Ruang pasien.

3.9.1.1 Apabila sistem sentral digunakan untuk kamar pasien, rekomendasi pada tabel 1 dan tabel 3 untuk filtrasi udara dan laju pertukaran udara harus diikuti untuk mengurangi infeksi silang dan mengontrol bau.

3.9.1.2 Ruangan yang digunakan untuk isolasi pasien terinfeksi, semua pasokan udara harus dibuang keluar. Untuk rancangan temperatur 24⁰C bola kering dengan kelembaban relatif udara 50% direkomendasikan.

3.9.1.3 Setiap kamar pasien harus memiliki kontrol temperatur individu. Tekanan udara di ruang pasien harus netral dalam kaitannya dengan area lain.

3.9.1.4 Kebanyakan kriteria rancangan dan persyaratan teknis yang dikeluarkan instansi terkait mengharuskan semua udara dari ruang toilet seluruhnya dibuang keluar ruangan.

Persyaratan ini didasarkan pada kontrol bau. Dalam menganalisa bau dari sentral sistem pembuangan toilet (pasien) rumah sakit, ditemukan bahwa sistem pembuangan sentral yang besar umumnya mempunyai pelarut yang cukup untuk untuk membuat buangan toilet tidak berbau.

3.9.1.5 Apabila sistem unit ruang digunakan (sistem unitary), pembuangan udara umumnya dilakukan melalui ruang toilet.

3.9.1.6 Jumlah udara yang dibuang sama dengan jumlah udara luar yang disuplai masuk ke ruang untuk ventilasi. Ventilasi toilet, kloset, kamar mandi, dan semua kamar interior harus sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

3.9.2 Unit Perawatan Intensif.

3.9.2.1 Unit ini melayani pasien sakit serius, pasca operasi untuk pasien jantung koroner.

Tabel 3 – Hubungan Tekanan dan Ventilasi secara umum dari area tertentu di rumah sakit

Fungsi Ruang	Hubungan tekanan terhadap area bersebelahan	Pertukaran udara dari luar per jam minimum ^a	Total pertukaran udara per jam minimum ^b	Seluruh udara di buang langsung ke luar bangunan	Resirkulasi udara di dalam unit ruangan
PERAWATAN BEDAH DAN KRITIS					
Ruang Operasi:					
Sistem seluruhnya udara luar	P	15 ^c	15	Ya	Tidak
Sistem udara di resirkulasi	P	5	25	Pilihan	Tidak
Ruang Melahirkan					
Sistem seluruhnya udara luar	P	15	15	Pilihan	Tidak
Sistem udara di resirkulasi	P	5	25	Pilihan	Tidak
Ruang Pemulihan	E	2	6	Pilihan	Tidak
Ruang bayi	P	5	12	Pilihan	Tidak
Ruang Trauma ^d	P	5	12	Pilihan	Tidak
Gudang anestesi	±	Pilihan	8	Ya	Tidak
PERAWATAN					
Ruang Pasien ^e	±	2	4	Pilihan	Pilihan

Pedoman Teknis Prasarana Sistem Tata Udara Pada Bangunan Rumah Sakit

Ruang Toilet ^f	N	Pilihan	10	Ya	Tidak
Perawatan intensif	P	2	6	Pilihan	Tidak
Isolasi protektif ^g	P	2	15	Ya	Pilihan ^h
Isolasi Infeksius ^g	±	2	6	Ya	Tidak
Isolasi ruang antara	±	2	10	Ya	Tidak
Kala/melahirkan/pemulihan/postpartum (LDRP)	E	2	4	Pilihan	Pilihan
Koridor pasien ^e	E	2	4	Pilihan	Pilihan
PENUNJANG					
Radiologi :					
X-Ray (bedah dan perawatan kritis)	P	3	15	Pilihan	Tidak
X-Ray (diagnostik dan tindakan)	±	2	6	Pilihan	Pilihan
Ruang gelap	N	2	10	Ya ⁱ	Tidak
Laboratorium, Umum	N	2	6	Ya	Tidak
Laboratorium, Bacteriologi	N	2	6	Ya	Tidak
Laboratorium, biochemistry	P	2	6	Pilihan	Tidak
Laboratorium, Cytology	N	2	6	Ya	Tidak

Pedoman Teknis Prasarana Sistem Tata Udara Pada Bangunan Rumah Sakit

Laboratorium, pencucian gelas	N	Pilihan	10	Ya	Pilihan
Laboratorium, histology	N	2	6	Ya	Tidak
Laboratorium, pengobatan nuklir.	N	2	6	Ya	Tidak
Laboratorium, pathologi	N	2	6	Ya	Tidak
Laboratorium, serologi.	P	2	6	Pilihan	Tidak
Laboratorium, sterilisasi	N	Pilihan	10	Ya	Tidak
Laboratorium, transfer media.	P	2	4	Pilihan	Tidak
Autopsy	N	2	12	Ya	Tidak
Ruang tunggu – tubuh tidak didinginkan ^l	N	Pilihan	10	Ya	Tidak
Farmasi	P	2	4	Pilihan	Pilihan
ADMINISTRASI					
Pendaftaran dan ruang tunggu	N	2	6	Ya	Pilihan ^h
DIAGNOSA DAN TINDAKAN					
Bronchoscopy, sputum collection, dan administrasi pentamidine	N	2	10	Ya	Pilihan ^h
Ruang Pemeriksaam ^e	±	2	6	Pilihan	Pilihan
Ruang Pengobatan	P	2	4	Pilihan	Pilihan

Pedoman Teknis Prasarana Sistem Tata Udara Pada Bangunan Rumah Sakit

Ruang Tindakan ^e	±	2	6	Pilihan	Pilihan
Therapi fisik dan terapi hidro	N	2	6	Pilihan	Pilihan
Ruang kotor atau tempat sampah	N	2	10	Ya	Tidak
Ruang bersih atau tempat bersih	P	2	4	Pilihan	Pilihan
STERILISASI DAN SUPLAI					
Ruang peralatan sterilisasi.	N	Pilihan	10	Ya	Tidak
Ruang kotor dan dekontaminasi.	N	2	6	Ya	Tidak
Tempat bersih dan gudang steril.	P	2	4	Pilihan	Pilihan
Gudang peralatan	±	2 (Pilihan)	2	Pilihan	Pilihan
PELAYANAN					
Pusat persiapan makanan	±	2	10	Ya	Tidak
Tempat cuci	N	Pilihan	10	Ya	Tidak
Gudang dietary harian	±	Pilihan	2	Pilihan	Tidak
Laundri, umum	N	2	10	Ya	Tidak
Sortir linen kotor dan gudang	N	Pilihan	10	Ya	Tidak
Gudang linen bersih	P	2 (Pilihan)	2	Pilihan	Pilihan
Linan dan	N	Pilihan	10	Ya	Tidak

Pedoman Teknis Prasarana Sistem Tata Udara Pada Bangunan Rumah Sakit

Ruang bedpan	N	Pilihan	10	Ya	Tidak
Kamar mandi	N	Pilihan	10	Pilihan ^f	Tidak
Kloset Janitor	N	Pilihan	10	Pilihan	Tidak

P = Positif, N = Negatif, E = sama, ± = kontrol langsung secara terus menerus di butuhkan ^e

- a) Ventilasi sesuai standar ASHRAE 62-1989, ventilasi untuk kualitas udara di dalam bangunan yang dapat diterima, harus digunakan untuk area yang laju ventilasi spesifiknya tidak diberikan. Apabila persyaratan udara luar lebih tinggi seperti yang disebut pada standar 62 dari yang ada pada tabel 3, nilai yang tertinggi harus diambil.
- b) Total pertukaran udara yang ditunjukkan harus dipasok atau apabila disyaratkan harus dibuang.
- c) Untuk ruang operasi, 100% udara luar harus digunakan hanya jika ketentuan yang ada mempersyaratkan dan hanya jika alat pemulihan panas digunakan.
- d) Istilah ruang trauma yang digunakan disini adalah ruang bantuan pertama dan/atau ruang darurat yang digunakan tindakan awal dari korban kecelakaan. Ruang operasi di dalam pusat trauma yang secara rutin digunakan untuk bedah darurat dianggap sebagai ruang operasi.
- e) Meskipun kontrol langsung secara terus menerus tidak dipersyaratkan, perbedaan harus diminimalisir, dan dalam tidak adanya kontrol arah, tidak boleh ada penyebaran infeksi dari satu area ke area lain.
- f) Untuk diskusi pertimbangan untuk sistem pembuangan udara sentral di toilet, lihat pada "ruang pasien".
- g) Ruang isolasi infeksius yang dijelaskan dalam tabel ini mungkin digunakan untuk pasien infeksius pada komunitas rumah sakit rata-rata. Ruangan bertekanan negatif, Beberapa ruang isolasi mungkin mempunyai ruang antara terpisah. Lihat pembahasan dalam bab ini untuk informasi lebih rinci. Apabila penyakit menular yang sangat infeksius terhirup seperti tuberkulosis, harus diisolasi. peningkatan laju pertukaran udara perlu dipertimbangkan. Ruang isolasi protektif yang digunakan untuk pasien immunosuppressed. Ruang bertekanan positif untuk memprotek pasien. Ruang antara umumnya dipersyaratkan dan harus bertekanan negatif dengan ruang pasien yang ada.
- h) Resirkulasi diizinkan dalam ruangan pasien isolasi pernapasan jika udara difilter dengan HEPA filter.
- i) Semua udara yang dibutuhkan tidak perlu dibuang jika peralatan ruang gelap dilengkapi ducting saluran pembuangan (*scavenging exhaust*) dan memenuhi standar NIOSH, OSHA, dan petugas yang terpapar terbatas.
- j) Tubuh yang didinginkan di ruangan hanya ada fasilitas untuk melakukan otopsi di lokasi dan menggunakan ruang untuk jangka pendek sambil menunggu tubuh yang akan dipindahkan.

- k) Pusat persiapan makanan harus mempunyai kelebihan pasokan udara untuk tekanan positif jika tudung tidak dioperasikan. Jumlah pertukaran udara dapat dikurangi atau bervariasi untuk mengontrol bau jika ruangan tidak digunakan. Total pertukaran udara per jam minimal harus dipersyaratkan untuk memberikan udara tambahan yang tepat ke sistem pembuangan dapur.

3.9.2.2 Temperatur dengan kemampuan rentan variabel dari 20°C sampai 30°C, kelembaban relatif udara minimum 30% dan maksimum 60%, serta tekanan udara positif direkomendasikan.

3.9.3 Unit Isolasi Protektif.

3.9.3.1 Pasien *imunosupresi* (termasuk sumsum tulang belakang atau transplantasi organ, leukimia, luka bakar, dan pasien AIDS) sangat rentan terhadap penyakit.

3.9.3.2 Beberapa dokter lebih memilih isolasi dengan menggunakan unit laminar udara untuk melindungi pasien.

3.9.3.3 Dokter lainnya berpendapat bahwa kondisi sel laminar memiliki pengaruh psikologis yang merugikan pada pasien dan menjadi merah bila keluar ruangan dan mengurangi spora di udara,

3.9.3.4 Distribusi udara dengan 15 kali pertukaran udara per jam disuplai melalui sebuah diffuser tanpa bunyi sering direkomendasikan. Udara steril dihembuskan melintasi pasien dan kembali dekat lantai, di atau dekat pintu ruang.

3.9.3.5 Dalam kasus pasien *imunosupresi* yang tidak menular, tekanan positif harus dipertahankan antara ruang pasien dan area yang berdekatan.

Beberapa ketentuan dapat mempersyaratkan ruang antara yang mempertahankan perbedaan tekanan negatif dengan ruang isolasi yang berdekatan dan perbedaan tekanan yang sama dengan koridor, pos perawat atau area umum.

Ruang pemeriksaan dan ruang pengobatan harus dikontrol dengan cara yang sama.

Tekanan positif juga harus dipertahankan antara seluruh unit dan area yang berdekatan untuk menjaga kondisi steril.

3.9.3.6 Apabila seorang pasien *imunosupresi* yang menular, ruang isolasi mungkin dirancang dan diseimbangkan untuk menyediakan perbedaan tekanan yang sama atau negatif permanen yang berhubungan dengan area berdekatan atau ruang antara.

Atau, bila ketentuan mengizinkan, ruang isolasi tersebut dapat dilengkapi dengan kontrol yang memungkinkan ruangan menjadi positif, sama atau negatif dengan area yang berdekatan.

3.9.3.7 Namun, dalam kasus seperti ini, kontrol terhadap area yang berdekatan atau ruang antara harus menjaga perbedaan tekanan yang benar dengan kamar yang berdekatan lainnya.

3.9.3.8 Secara terpisah, sistem pengkondisian udara terdedikasi untuk melayani unit isolasi protektif menyederhanakan kontrol tekanan dan kualitas.

3.9.4 Unit Isolasi Infeksius.

3.9.4.1 Ruang isolasi menular digunakan untuk melindungi penghuni di rumah sakit dan pasien berpenyakit menular. Terakhir untuk menghindari penularan tubercolosis, di dalam ruang pasien dapat dilakukan perancangan distribusi udara, tekanan, laju pertukaran udara, dan filtrasi.

Temperatur dan kelembaban relatif udara harus sesuai dengan ketentuan untuk ruang pasien.

3.9.4.2 Perencana harus bekerja sama dengan perencana perawatan kesehatan dan instansi berwenang setempat untuk menentukan perancangan ruang isolasi yang sesuai.

3.9.4.3 Kondisi ini dimungkinkan dengan pengontrolan yang lebih lengkap, menggunakan sebuah ruangan terpisah yang digunakan sebagai kunci udara (*air lock*) untuk meminimalkan potensi partikel di udara dari area pasien mencapai area-area yang berdekatan.

Beberapa perancang telah menyediakan ruang isolasi yang memungkinkan fleksibilitas ruang maksimum dengan menggunakan pendekatan dengan membalikkan arah aliran udara dan memvariasikan laju aliran gas buang.

Pendekatan ini berguna hanya jika diperlukan penyesuaian yang tepat untuk berbagai jenis prosedur isolasi.

3.9.5 Pantri di Lantai. (Floor pantry).

3.9.5.1 Persyaratan ventilasi untuk area ini tergantung pada jenis makanan yang disediakan oleh rumah sakit. Apabila makanan massal dibagikan dan fasilitas pencuci piring disediakan di area pantri, dianjurkan penggunaan tudung pembuangan ke luar di atas peralatan pencuci.

3.9.5.2 Pantri kecil yang digunakan untuk menyiapkan makanan kecil di antara jam makan tidak memerlukan ventilasi khusus. Tekanan udara di ruang pantri harus seimbang dengan area sekitarnya untuk mengurangi gerakan udara ke dalam atau ke luar ruang pantri.

3.9.6 Sebelum Melahirkan/Melahirkan/Pemulihan/Pasca melahirkan (Labor/Delivery/Recovery/ Post partum) (LDRP).

3.9.6.1 Prosedur untuk melahirkan bayi normal dianggap non-invasif, ruang dikondisikan sama dengan ruang pasien. Beberapa ketentuan, mungkin menentukan tingkat pertukaran udara yang lebih tinggi daripada ruang pasien yang biasa.

3.9.6.2 Diharapkan prosedur invasif seperti bedah caesar dilakukan di ruang melahirkan terdekat atau di ruang operasi.

3.10 Penunjang.

3.10.1 Departemen Radiologi.

Diantara faktor-faktor yang mempengaruhi rancangan sistem ventilasi di area ini adalah karakteristik berbau untuk perlakuan klinik tertentu dan konstruksi khusus yang dirancang untuk mencegah kebocoran radiasi.

3.10.1.1 Fluoroscopic, radiografi, dan Ruang terapi.

Ruangan ini mempersyaratkan temperatur 24⁰C sampai 27⁰C dan kelembaban relatif udara 40% sampai 50%.

Tergantung pada lokasi *outlet* suplai udara dan *intake* buangan udara, lapisan timah hitam (Pb) dipersyaratkan pada *ducting* suplai dan *ducting* balik pada titik masuk ke area klinik yang beragam untuk mencegah kebocoran radiasi ke area hunian lain.

3.10.1.2 Ruang gelap.

Ruang gelap umumnya digunakan untuk periode yang lama pada ruang sinar X dan harus mempunyai sistem ventilasi *independent* untuk membuang udara ke luar.

Buangan dari alat pemroses film dihubungkan ke buangan kamar gelap.

3.10.2 Laboratorium.

3.10.2.1 Pengkondisian udara diperlukan di laboratorium untuk kenyamanan dan keselamatan para teknisi. Asap kimia, bau, uap, panas dari peralatan, dan bukaan jendela yang tidak diinginkan semuanya berkontribusi terhadap kebutuhan pengkondisian udara.

3.10.2.2 Perhatian khusus harus diberikan untuk ukuran dan jenis peralatan yang menambah panas dan digunakan dalam berbagai laboratorium.

Peralatan yang memerlukan panas, biasanya merupakan bagian utama dari beban pendinginan.

3.10.2.3 Distribusi udara dan sistem pembuangan secara umum harus terbuat dari bahan konvensional mengikuti rancangan standar untuk jenis sistem yang digunakan.

Sistem pembuangan yang melayani tudung bahan radioaktif, pelarut yang mudah menguap, dan oksidator kuat seperti asam perklorat yang digunakan harus dibuat dari baja tahan karat (*stainless steel*).

Fasilitas membasuh harus disediakan untuk tudung dan *ducting* yang menangani asam perklorat. Tudung asam perklorat harus dilengkapi fan pembuangan khusus.

3.10.2.4 Tudung yang digunakan menentukan bahan *ducting* lainnya. Tudung di mana bahan radioaktif atau infeksi akan digunakan, harus dilengkapi dengan filter yang efisiensi ultra tinggi pada lubang outlet buangan dan memiliki prosedur dan peralatan untuk penggantian dengan aman filter yang terkontaminasi.

3.10.2.5 Jalur *ducting* pembuangan harus sependek mungkin dengan meminimalkan kerugian horizontal. Hal ini terutama berlaku untuk tudung asap perklorat karena sifatnya sangat berbahaya dapat menimbulkan ledakan.

3.10.2.6 Menentukan sistem ventilasi yang efektif, ekonomis dan aman membutuhkan penelitian yang cukup lama.

3.10.2.7 Apabila perkiraan kuantitas ventilasi udara ruang laboratorium untuk ventilasi tudung dapat diperkirakan, sistem pembuangan dengan tudung dapat digunakan untuk pembuangan semua udara ventilasi dari area laboratorium.

3.10.2.8 Dalam situasi di mana tudung pembuangan melebihi suplai udara, pasokan udara tambahan dapat digunakan untuk menambah udara pada tudung. Penggunaan VAV untuk sistem pasokan/pembuangan di laboratorium dapat diterima tetapi membutuhkan perawatan khusus dalam rancangan dan instalasi.

3.10.2.9 Pasokan udara tambahan yang tidak perlu dikondisikan harus disediakan oleh sistem terpisah dari sistem ventilasi normal.

Sistem tudung pembuangan individu harus saling berkaitan dengan sistem udara tambahan. Sistem tudung pembuangan harus tidak dimatikan jika sistem udara tambahan gagal.

Ruang penyimpanan bahan kimia harus memiliki sistem pembuangan udara yang terus beroperasi dengan fan terminal.

3.10.2.10 Fan pembuangan yang melayani tudung harus terletak diujung aliran dari sistem pelepasan untuk mencegah kemungkinan hasil pembuangan memasuki bangunan.

3.10.2.11 Udara pembuangan dari tudung di unit untuk biokimia, histologi, sitologi, patologi, pencuci gelas/sterilisasi, dan serologi-bakteriologi harus dibuang keluar dengan tanpa resirkulasi.

3.10.2.12 Biasanya, pembuangan dari fan pembuangan berdiri tegak dengan jarak minimum 2,1 m di atas atap dengan kecepatan sampai 20 m/detik. Unit bakteriologi-serologi harus bertekanan relatif terhadap area sekitarnya untuk mengurangi kemungkinan infiltrasi aerosol mencemari spesimen yang sedang diproses.

3.10.2.13 Area seluruh laboratorium harus di bawah tekanan sedikit negatif untuk mengurangi penyebaran bau atau kontaminasi ke area rumah sakit lainnya. Temperatur dan kelembaban harus berada dalam batas kenyamanan.

3.10.3 Laboratorium Bakteriologi.

3.10.3.1 Unit ini tidak harus memiliki pergerakan udara yang tidak semestinya, sehingga perawatan dilakukan untuk membatasi minimum kecepatan udara.

Ruang transfer steril yang mungkin berdampingan dengan laboratorium bakteriologi adalah ruang di mana media steril didistribusikan dan di mana spesimen akan di transfer ke media pembiakan.

3.10.3.2 Untuk mempertahankan lingkungan yang steril, filter HEPA efisiensi ultra tinggi harus dipasang di *ducting* suplai dekat titik masuk ke ruangan.

Ruang media, pada dasarnya adalah dapur, harus berventilasi untuk menghilangkan bau dan uap.

3.10.4 Laboratorium penyakit Infeksius dan Virus.

3.10.4.1 Laboratorium ini hanya ditemukan di rumah sakit besar yang memerlukan perlakuan khusus.

3.10.4.2 Suatu tingkat ventilasi minimal dengan pertukaran udara 6 kali per jam atau tambahan yang sama dengan volume pembuangan pada tudung di rekomendasikan untuk laboratorium ini,

Laboratorium harus memiliki tekanan relatif negatif terhadap area lain disekitarnya untuk mencegah exfiltrasi dari setiap kontaminan udara.

3.10.4.3 Pembuangan udara dari lemari asap atau lemari keselamatan dalam laboratorium harus disterilkan sebelum dibuang ke luar bangunan.

Hal ini dapat dicapai dengan menggunakan pemanas listrik atau gas yang ditempatkan secara serie dalam sistem pembuangan dan dirancang untuk memanaskan udara buang sampai 315^oC.

Suatu metode yang lebih umum dan lebih murah dari sterilisasi udara buang adalah dengan menggunakan filter dengan efisiensi ultra tinggi dalam sistem.

3.10.5 Laboratorium Pengobatan Nuklir.

3.10.5.1 Laboratorium mengatur radioisotop untuk pasien melalui mulut, infus, atau penghirupan untuk memfasilitasi diagnosis dan pengobatan penyakit.

3.10.5.2 Dalam banyak kasus, sedikit sekali terjadinya kontaminasi udara dari lingkungan internal, kecuali ada pertimbangan khusus.

3.10.5.3 Salah satu pengecualian penting melibatkan penggunaan larutan iodine 131 dalam kapsul atau dalam botol untuk mendiagnosa gangguan kelenjar tiroid.

Keterlibatan lain penggunaan gas Xenon 131 melalui penghirupan untuk mempelajari berkurangnya fungsi paru-paru pasien.

3.10.5.4 Kapsul xenon 131 terkadang bocor isinya sebelum digunakan. Pada persiapan dosis, botol ketika dibuka melepaskan kontaminan ke udara.

3.10.5.5 Hal ini merupakan kejadian umum untuk botol pada waktu dibuka dan ditangani dalam lemari asap standar laboratorium.

Suatu kecepatan permukaan minimum 0,5 m/detik harus mencukupi untuk tujuan ini

3.10.5.6 Rekomendasi ini hanya berlaku di mana sejumlah kecil ditangani dalam operasi sederhana.

Keadaan lain mungkin memerlukan penyediaan kotak sarung tangan atau serupa kurungan.

3.10.5.7 Penggunaan Xenon 133 untuk mempelajari pasien, melibatkan instrumen khusus yang memungkinkan pasien menghirup gas dan menghembuskan nafas kembali ke instrumen.

3.10.5.8 Gas dihembuskan lewat melalui perangkap arang yang dipasang paling depan dan sering (tapi tidak selalu) dilepaskan keluar. Proses ini menunjukkan beberapa potensi gas untuk lepas ke dalam lingkungan internal.

3.10.5.9 Karena keunikan ini, operasi dan peralatan khusus yang terlibat, dianjurkan perancang sistem menentukan instrumen tertentu yang akan digunakan dan menghubungi produsen untuk memperoleh petunjuk.

3.10.5.10 Panduan lain tersedia di *US Nuclir Regulatory Commission, Regulatory Guide 10.8 (NRC 1980)*. Secara khusus prosedur darurat yang harus diikuti dalam kasus lepasnya xenon 133 harus mencakup evakuasi sementara dari area dan/atau meningkatkan laju ventilasi area tersebut.

3.10.5.11 Rekomendasi tentang perbedaan tekanan, filtrasi suplai udara, volume suplai udara, resirkulasi dan atribut lain dari sistem suplai dan aliran udara untuk laboratorium histologi, patologi, dan sitologi juga relevan dengan laboratorium kedokteran nuklir.

Namun demikian, beberapa persyaratan sistem ventilasi khusus dikenakan oleh NRC apabila bahan radioaktif digunakan.

3.10.5.12 Sebagai contoh, NRC (1980) memberikan prosedur perhitungan untuk memperkirakan aliran udara yang diperlukan untuk mempertahankan konsentrasi gas xenon 133 pada atau di bawah tingkat yang ditentukan.

3.10.5.13 NRC juga berisi persyaratan khusus untuk jumlah radioaktif yang dapat dilepaskan ke atmosfer, metode pembuangan pilihan adalah dengan penyerapan menggunakan perangkap arang.

3.10.6 Ruang Autopsi.

3.10.6.1 Ruang otopsi adalah area dari bagian patologi yang memerlukan perhatian khusus.

Perhatian terhadap ruang ini terutama pada kontaminasi bakteri dan bau. *Intake* buangan harus ditempatkan di langit-langit atau di sisi rendah dinding.

Sistem buangan harus mengalirkan udara di atas atap rumah sakit.

Suatu tekanan negatif relatif terhadap sekitarnya harus disediakan di ruang otopsi untuk mencegah penyebaran kontaminasi.

3.10.6.2 Apabila sejumlah besar formalin digunakan, tudung pembuangan khusus mungkin diperlukan untuk menjaga konsentrasi sampai tingkat di bawah ketentuan yang berlaku.

3.10.6.3 Untuk rumah sakit kecil di mana ruang otopsi jarang digunakan, kontrol lokal dari sistem ventilasi dan sistem kontrol bau lebih baik menggunakan karbon aktif atau potassium permanganat yang dipenuhi alumina aktif lebih disukai.

3.10.7 Kandang Hewan.

3.10.7.1 Area ini hanya ditemukan di rumah sakit yang lebih besar. Terutama karena bau, kandang hewan memerlukan sistem pembuangan mekanis di mana pembuangan udara yang terkontaminasi diletakkan di atas atap rumah sakit.

3.10.7.2 Untuk mencegah penyebaran bau atau kontaminan lainnya dari kandang hewan ke area lain, tekanan udara negatif sedikitnya 25 Pa relatif terhadap daerah sekitarnya harus dijaga.

3.10.8 Farmasi.

Ruang farmasi harus dikondisikan untuk kenyamanan dan tidak memerlukan ventilasi khusus. Distribusi udara ruangan harus dikoordinasikan dengan setiap meja yang mungkin membutuhkan aliran udara laminar.

3.10.9 Administrasi.

Bagian ini meliputi lobi utama, kantor dan ruang rekam medis.

Area pendaftaran dan ruang tunggu adalah area di mana risiko potensi penularan penyakit melalui udara tidak terdiagnosis.

Penggunaan sistem pembuangan lokal yang membuang udara terhadap pasien yang mendaftar harus dipertimbangkan.

Sistem pengkondisian udara terpisah yang tepat diinginkan untuk memisahkan area ini karena biasanya rumah sakit kosong pada malam hari.

3.10.10 Diagnostik dan Pengobatan.

3.10.10.1 Bronchoscopy, Sputum collection, dan Pentamidine Administration.

- (1) Ruangan ini berpotensi tinggi karena adanya pembuangan sejumlah besar tetesan air yang infeksius ke dalam udara ruangan.
- (2) Meskipun prosedur yang dilakukan dapat mengindikasikan penggunaan tudung pasien, ventilasi ruang secara umum harus ditingkatkan berdasarkan asumsi bahwa kontaminasi udara yang menular dihasilkan lebih tinggi dari tingkat normal.

3.10.10.2 Magnetic Resonance Imaging (MRI).

Temperatur, kelembaban dan ventilasi ruang ini harus diperlakukan sebagai ruang pemeriksaan. Namun demikian diperlukan perhatian khusus dimana di ruang kontrol melepaskan panas dari peralatan komputer dan penggunaan cryogenic diruang pemeriksaan.

3.10.10.3 Ruang Pengobatan/Tindakan (Treatment Room).

Pasien dibawa ke ruang ini untuk perawatan khusus yang tidak dapat dengan mudah dilakukan di ruang pasien.

Untuk mengakomodasi pasien yang mungkin dibawa dari tempat tidur, ruangan harus memiliki temperatur dan kontrol kelembaban individu.

Temperatur dan kelembaban harus sesuai ketentuan seperti kamar pasien.

3.10.10.4 Bagian terapi fisik.

(1) Beban pendinginan dari bagian elektroterapi dipengaruhi oleh gelombang pendek diatermi, infra merah, ultra violet dan peralatan yang digunakan di area ini.

(2) Seksi Hidroterapi.

Seksi ini terdiri dari berbagai pengobatan dengan pemandian air, umumnya temperatur dipertahankan sampai 27°C. Panas laten yang potensial di area ini tidak boleh diabaikan.

(3) Seksi latihan tidak memerlukan perlakuan khusus, temperatur dan kelembaban harus berada dalam zona kenyamanan. Udara dapat diresirkulasikan pada area ini, dan sistem kontrol bau disarankan.

3.10.10.5 Bagian Terapi Kerja.(Occupational Therapy Department).

(1) Ruang bagian ini digunakan untuk kegiatan seperti menenun, mengepang, karya seni dan menjahit, tidak memerlukan ventilasi khusus.

Resirkulasi udara dalam sistem ventilasi di area ini diperbolehkan menggunakan filter kelas menengah.

Rumah sakit yang lebih besar dan yang mengkhususkan diri dalam rehabilitasi memiliki keragaman yang lebih besar dari keterampilan dan kerajinan, termasuk pertukangan, logam, fotografi, keramik dan lukisan.

(2) Persyaratan pengkondisian udara dan ventilasi dari berbagai bagian harus sesuai dengan praktek yang normal untuk area tersebut dan untuk ketentuan yang berkaitan dengan mereka. Temperatur dan kelembaban harus dipertahankan dalam zona kenyamanan.

3.10.10.6 Bagian Terapi hirup (Inhalation Therapy Department).

Terapi hirup untuk pengobatan gangguan pernapasan paru-paru dan lainnya.

Udara harus sangat bersih, dan areanya harus memiliki tekanan udara positif terhadap area sekitarnya.

3.10.10.7 Ruang Kerja.

- (1) Ruang kerja bersih (*clean utility*) yang berfungsi sebagai pusat penyimpanan dan distribusi persediaan bersih harus dipertahankan pada tekanan udara positif relatif terhadap koridor.
- (2) Ruang kerja kotor (*dirty utility*) terutama berfungsi sebagai tempat pengumpulan peralatan dan material kotor.

Ruang ini dianggap sebagai ruangan yang terkontaminasi dan harus memiliki tekanan udara negatif relatif terhadap area sekitarnya.

Temperatur dan kelembaban udaranya harus berada dalam batas kenyamanan.

3.10.10.8 Sterilisasi dan Persediaan.

- (1) Peralatan yang telah digunakan dan terkontaminasi seperti instrumen dan alat, dibawa ke unit ini untuk dibersihkan dan disterilisasi sebelum digunakan kembali.
- (2) Unit biasanya terdiri dari area pembersihan, area sterilisasi dan area penyimpanan di mana persediaan disimpan sampai dipesan untuk digunakan.

Jika area ini berada dalam suatu ruangan yang besar, udara harus mengalir dari penyimpanan bersih dan area steril ke area bersih yang terkontaminasi.

- (3) Perbedaan tekanan udara harus sesuai seperti yang ditunjukkan pada tabel 3.
Temperatur dan kelembaban harus berada dalam rentang nyaman.
- (4) Pedoman berikut ini penting untuk unit pusat sterilisasi dan persediaan :
 - (a) Insulasi alat sterilisasi digunakan untuk mengurangi beban panas.
 - (b) Ventilasi pada lemari peralatan sterilisasi harus cukup untuk menghilangkan kelebihan panas.
 - (c) Apabila alat Ethylene Oksida (ETO) gas sterilisasi digunakan, dilengkapi sistem pembuangan yang terpisah dengan terminal fan, dilengkapi perangkat buangan dengan kecepatan yang memadai disekitar sumber kebocoran ETO
 - (d) Memasang pembuangan di pintu alat sterilisasi dan di atas pengering alat sterilisasi. Aerator pembuangan dan ruang layanan, sensor konsentrasi ETO, sensor aliran buangan, dan alarm juga harus disediakan.
 - (e) ETO sterilisasi harus ditempatkan di ruang khusus tak berpenghuni. Memiliki perbedaan tekanan sangat negatif terhadap ruang yang berdekatan dan pertukaran udaranya 10 kali per jam.
Banyak otoritas mengharuskan sistem pembuangan ETO memiliki peralatan untuk menghilangkan ETO dari pembuangan udara.
- (5) Menjaga tempat penyimpanan untuk persediaan steril pada kelembaban relatif tidak lebih dari 50%.

3.10.10.9 Pelayanan.

- (1) Daerah layanan termasuk dietary, rumah tangga, mekanikal, dan fasilitas karyawan.

- (2) Daerah ini udaranya dapat dikondisikan atau tidak. Ventilasi yang memadai penting untuk menyediakan sanitasi dan lingkungan yang sehat. Ventilasi daerah ini tidak dapat dibatasi pada sistem pembuangan saja, ketentuan untuk suplai udara harus terkait dalam perancangan. Udara tersebut harus disaring dan dialirkan pada temperatur yang terkendali.
- (3) Sistem pembuangan yang dirancang dengan baik menjadi tidak efektif tanpa suplai udara yang memadai. Pengalaman menunjukkan bahwa ketergantungan pada jendela yang terbuka hanya menghasilkan ketidakpuasan terutama selama musim panas.
- (4) Penggabungan pertukaran panas dari udara ke udara memberikan kemungkinan untuk beroperasi secara ekonomis di area ini.

(5) Fasilitas Dietary.

- (a) Area ini biasanya mencakup dapur utama, pembuatan roti, kantor ahli gizi dan ruang makan.
- (b) Karena berbagai kondisi dihadapi (yaitu panas yang tinggi, kelembaban dan bau masakan), perhatian khusus dalam perancangan diperlukan untuk menyediakan lingkungan yang dapat diterima.
- (c) Kantor ahli gizi ini sering berada di dalam atau berdekatan dengan dapur utama. Biasanya benar-benar tertutup untuk memastikan privatisasi dan pengurangan kebisingan. Pengkondisian udara dianjurkan untuk pemeliharaan kenyamanan dalam kondisi normal.
- (d) Ruang cuci piring harus tertutup dan berventilasi pada tingkat minimum yang sama dengan tudung buangan untuk mesin cuci piring. Hal yang tidak biasa adalah membagi area pencucian piring ke dalam area kotor dan area bersih. Bila ini dilakukan, area yang kotor harus dibuat bertekanan negatif terhadap area bersih.

(6) Ruang Kompresor/Kondenser Dapur.

- (a) Ventilasi dari ruang ini harus sesuai dengan persyaratan teknis setempat, dengan tambahan pertimbangan sebagai berikut ;
 - 1) ventilasi udara 220 liter/detik per kilowatt kompresor harus digunakan untuk unit yang diletakkan di dalam dapur;
 - 2) unit kondensing harus beroperasi optimal pada maksimum temperatur ambient 32,2^oC; dan
 - 3) apabila temperatur udara atau sirkulasi udara kecil, kombinasi udara dan unit kondensing yang didinginkan air harus ditentukan.
- (b) Hal ini sering untuk menggunakan kondensor berpendingin air dimana kondensor diletakkan jauh. Perolehan kembali panas dari kondenser berpendingin air harus dipertimbangkan.

(7) Ruang Makan.

- (a) Ventilasi dari ruang ini harus sesuai dengan persyaratan teknis setempat. Penggunaan kembali udara dari ruang makan untuk ventilasi, dan pendinginan area persiapan makanan di rumah sakit disarankan asalkan udara balik dilewatkan melalui filter dengan efisiensi 80%.

- (b) Apabila layanan kantin disediakan, area layanan dan meja yang menggunakan uap biasanya dilengkapi tudung. Kapasitas AHU dari tudung ini harus minimal 380 liter/detik per m² luas.

(8) Laundry dan Linen.

- (a) Dari fasilitas ini, hanya ruang penyimpanan linen kotor, ruang sortir linen kotor, ruang utilitas kotor, dan area proses laundry yang memerlukan perhatian khusus.
- (b) Ruang yang disediakan untuk penyimpanan linen kotor sebelum diambil oleh laundry, umumnya bau dan terkontaminasi. Untuk itu ruang ini harus berventilasi baik dan dipertahankan pada tekanan udara negatif.
- (c) Ruang utilitas kotor yang disediakan untuk layanan rawat inap dan biasanya terkontaminasi dengan bau yang berbahaya harus langsung dibuang ke luar dengan cara mekanis.
- (d) Dalam area proses linen, mesin cuci (*washer*), alat pengering (*tumbler*), alat seterika, dan sebagainya udaranya harus dibuang langsung ke atas untuk mengurangi kelembaban.
- (e) Sebuah kanopi di atas alat seterika dan lubang pembuangan udara yang terbaik diletakkan di dekat peralatan penghasil panas untuk diambil dan dibuang panasnya.
- (f) Sistem pembuangan udara dari alat seterika dan alat pengering harus terpisah dari sistem pembuangan udara umum dan dilengkapi dengan filter kain.

Udara harus dibuang di atas atap atau di mana tidak mengganggu penghuni di area lain. Reklamasi panas dari udara buangan laundry mungkin tidak praktis dan tidak diinginkan.
- (g) Apabila pengkondisian udara dipertimbangkan, pasokan udara tambahan yang terpisah, serupa dengan yang direkomendasikan untuk tudung dapur, mungkin diletakkan di lokasi sekitar kanopi pembuangan di atas alat seterika. Alternatifnya, dapat dipertimbangkan tempat yang dingin untuk istirahat petugas terbatas pada area tertentu

(9) Fasilitas Mekanikal.

- (a) Suplai udara untuk ruang boiler harus disediakan baik untuk kondisi kerja yang nyaman dan kuantitas udara yang dibutuhkan untuk laju pembakaran dari bahan bakar khusus yang digunakan.

Boiler dan kemampuan burner menentukan laju pembakaran maksimum, jadi kuantitas udara dapat dihitung sesuai jenis dari bahan bakarnya.

Udara yang cukup harus disuplai ke ruang boiler untuk mensuplai fan buangan selain untuk boiler.
- (b) Di tempat kerja, sistem ventilasi harus membatasi temperatur udara sampai 32°C. Apabila temperatur udara luar ambient lebih tinggi, temperatur di dalam ruang mungkin naik sampai maksimum 36°C untuk melindungi motor dari panas

(10) Bengkel Pemeliharaan.

Bengkel kerja tukang kayu, mesin, listrik dan plambing tidak membutuhkan persyaratan ventilasi.

Ventilasi yang tepat dibutuhkan pada bengkel cat dan area gudang cat karena bahaya kebakaran dan harus memenuhi persyaratan teknis yang berlaku.

Bengkel pemeliharaan apabila terdapat pekerjaan pengelasan harus mempunyai ventilasi buangan.

3.11 Kontinuitas Layanan dan Konsep Energi

3.11.1 Zoning.

3.11.1.1 Zoning dimaksudkan adalah menggunakan sistem udara terpisah untuk berbagai bagian, dapat dimaksudkan untuk :

- (1) kompensasi paparan, karena orientasi atau untuk kondisi lain yang dikenakan oleh konfigurasi bangunan tertentu;
- (2) meminimalkan resirkulasi antar bagian;
- (3) memberikan fleksibilitas operasi;
- (4) menyerdehanakan ketentuan untuk operasi pada kondisi daya darurat; dan
- (5) menghemat energi.

3.11.1.2 Dengan *ducting* suplai udara dan beberapa unit pengolah udara (*air handling unit*) ke sebuah planum, sistem sentral dapat mencapai ukuran kapasitas siaga.

Apabila satu unit dimatikan, udara dapat dialihkan dari area non kritis atau area yang sebentar-sebentar dioperasikan untuk mengakomodasi area-area kritis yang harus beroperasi secara terus menerus.

Proteksi siaga dengan cara ini atau cara lain sangat penting agar pasokan udara tidak terganggu oleh pemeliharaan rutin atau kegagalan komponen.

3.11.1.3 Pemisahan sistem pasokan, antara yang balik dan yang dibuang oleh bagian sering diinginkan, khususnya untuk bagian bedah, kebidanan, patologi, dan laboratorium.

3.11.1.4 Keseimbangan relatif diinginkan dalam area kritis, Harus dijaga saling mengunci antara pasokan dan fan (misalnya pembuangan harus berhenti apabila pasokan aliran udara dihentikan).

3.11.2 Pemanasan dan Layanan Siaga Air Panas.

3.11.2.1 Jumlah dan susunan boiler harus sedemikian rupa sehingga apabila satu boiler rusak atau sementara dilakukan pemeliharaan rutin, kapasitas boiler yang tersisa cukup untuk menyediakan layanan air panas untuk penggunaan :

- (1) klinis,
- (2) diet untuk pasien,
- (3) uap untuk sterilisasi dan tujuan diet; dan
- (4) pemanasan dibutuhkan untuk: operasi, melahirkan, persalinan, persiapan melahirkan, pemulihan, perawatan intensif, perawatan bayi, dan kamar pasien umum.

3.11.2.2 Pompa pengisi boiler, pompa sirkulasi air panas, pompa kondensat balik, dan pompa bahan bakar minyak harus dihubungkan dan dipasang untuk menyediakan layanan normal dan siaga.

3.11.2.3 Pipa utama pasokan dan balik dan pipa tegak untuk pendinginan, pemanasan dan proses sistem uap, harus dilengkapi dengan katup untuk mengisolasi berbagai bagian.

3.11.2.4 Setiap peralatan harus dilengkapi dengan katup pada pipa suplai dan pipa balik.

3.11.2.5 Beberapa sistem pasokan dan pembuangan untuk ruang melahirkan dan ruang operasi harus dirancang independen dari sistem fan lain dan pada kejadian kegagalan daya listrik normal, beroperasi dari sistem listrik darurat rumah sakit.

3.11.2.6 Ruang operasi dan ruang bersalin harus berventilasi sehingga fasilitas rumah sakit tetap dapat mempertahankan kondisi ruang bedah dan ruang melahirkan dalam kasus-kasus kegagalan sistem ventilasi.

3.11.2.7 Uap dari boiler sering memerlukan perlakuan dengan bahan kimia yang tidak bisa dibuang oleh unit pengolah udara yang melayani area kritis.

Dalam kasus ini, sistem uap bersih harus dipertimbangkan digunakan untuk humidikasi.

3.11.3 Pendinginan Mekanikal.

3.11.3.1 Sumber pendinginan mekanik untuk area klinis dan pasien di rumah sakit harus dipertimbangkan dengan cermat. Metoda yang dipilih adalah sistem pendingin tidak langsung dengan menggunakan air sejuk (*chilled water*).

3.11.3.2 Bila menggunakan pendingin langsung, perhatikan ketentuan yang berlaku untuk keterbatasan tertentu dan larangan-larangannya.

3.11.4 Insulasi.

3.11.4.1 Semua pipa panas, *ducting* dan peralatan yang terbuka harus diinsulasi untuk menjaga efisiensi energi dari semua sistem dan melindungi penghuni bangunan.

3.11.4.2 Untuk mencegah kondensasi, *ducting*, selubung, pipa dan peralatan dengan temperatur permukaan luar di bawah titik embun ambien harus ditutupi dengan insulasi yang memiliki pembatas uap eksternal.

3.11.4.3 Insulasi, termasuk finis dan perekat pada permukaan luar *ducting*, pipa dan peralatan harus memiliki tingkat penyebaran api 25 atau kurang dan tingkat pengembangan asap 50 atau kurang sebagaimana ditentukan oleh laboratorium pengujian independen sesuai standar NFPA 255, dan seperti yang dipersyaratkan oleh NFPA 90A.

3.11.4.4 Tingkat pengembangan asap untuk insulasi pipa tidak boleh melebihi 150.

3.11.4.5 Lapisan *internal ducting* dan peralatan harus memenuhi metode uji erosi seperti dijelaskan dalam UL standar 181 (Underwriters Laboratories).

3.11.4.6 Lapisan internal ini termasuk pelapis, perekat dan insulasi pada permukaan luar dari pipa dan *ducting* di ruang bangunan gedung yang digunakan sebagai pasokan udara ventilasi, harus memiliki tingkat penyebaran api 25 atau kurang dan peringkat pengembangan asap 50 atau kurang, sebagaimana ditentukan oleh laboratorium pengujian independen sesuai dengan standar ASTM E.84.

3.11.4.7 Lapisan internal *duct* tidak boleh digunakan dalam sistem suplai ruang operasi, ruang bersalin, ruang pemulihan, ruang bayi, unit perawatan luka bakar atau unit perawatan intensif, kecuali terminal filter dengan efisiensi minimal 90% dipasang di hilir lapisan.

3.11.4.8 Lapisan internal *duct* harus digunakan hanya untuk perbaikan akustik. Untuk tujuan termal, insulasi eksternal harus digunakan.

Apabila sistem yang ada dimodifikasi, bahan asbes harus tidak digunakan dan dibuang sesuai ketentuan yang berlaku.

3.11.5 Energi.

3.11.5.1 Perawatan kesehatan membutuhkan energi intensif, sumber energi tergantung pada perusahaan pensuplai energi.

3.11.5.2 Fasilitas rumah sakit berbeda dari bangunan lainnya, rumah sakit beroperasi 24 jam per hari sepanjang tahun, memerlukan sistem cadangan yang canggih dalam kasus utilitas normal padam, penggunaan sejumlah besar udara luar untuk memerangi bau dan pelarutan mikroorganisme, dan harus berhubungan dengan masalah infeksi dan pembuangan limbah padat.

3.11.5.3 Sejumlah besar energi dibutuhkan untuk sumber daya diagnostik, terapeutik, dan peralatan pemantau serta dukungan layanan seperti penyimpanan, persiapan dan pelayanan makanan dan fasilitas laundry.

3.11.5.4 Penghematan energi di rumah sakit dapat dilakukan dalam berbagai cara, seperti menggunakan tangki penyimpanan energi yang lebih besar dan menggunakan perangkat konservasi energi yang mentransfer energi dari udara panas atau dingin dari pembuangan panas bangunan atau udara dingin yang masuk.

3.11.5.5 Pemanasan pipa, berjalan sekitar loop dan bentuk lain pemulihan panas memperoleh perhatian yang meningkat.

3.11.5.6 Insinerator limbah padat menghasilkan buangan uap panas yang dapat digunakan untuk laundry dan air panas perawatan pasien menjadi semakin umum.

3.11.5.7 Komplek perawatan kesehatan yang besar menggunakan sistem mesin sentral yang mungkin termasuk penyimpanan panas, economizer hidronik, pompa primer/sekunder, kogenerasi panas boiler, pemulihan energi, dan pemulihan panas insinerator.

3.11.5.8 Rancangan pembangunan fasilitas baru, termasuk perubahan dari dan penambahan bangunan yang sudah ada, memiliki pengaruh besar pada jumlah energi yang dibutuhkan untuk layanan tersebut terutama disediakan untuk pemanas, pendingin dan pencahayaan.

3.11.5.9 Pemilihan komponen bangunan dan sistem untuk penggunaan energi yang efektif memerlukan perencanaan yang cermat.

Integrasi bangunan limbah panas ke dalam sistem dan penggunaan sumber energi terbarukan (misalnya, surya dibawah beberapa kondisi iklim) akan memberikan penghematan substansial (Setty 1976).

BAB - IV

FASILITAS RAWAT JALAN RUMAH SAKIT.

4.1 Umum.

4.1.1 Fasilitas rawat jalan dapat menjadi unit yang berdiri sendiri, bagian dari fasilitas perawatan akut, atau bagian dari fasilitas medis seperti bangunan medis (klinik).

4.1.2 Beroperasinya dilakukan tanpa mengantisipasi pasien bermalam (yaitu, fasilitas beroperasinya dari 8 jam sampai 10 jam per hari).

Jika secara fisik terhubung ke fasilitas rumah sakit dan dilayani oleh sistem tata udara rumah sakit, ruang fasilitas rawat jalan harus sesuai dengan persyaratan fasilitas rumah sakit.

4.1.3 Apabila fasilitas rawat jalan benar-benar terpisah dan memiliki sistem tata udara sendiri, maka fasilitas perawatan kesehatan ini dapat dikategorikan sebagai klinik diagnostik atau klinik pengobatan.

4.2 Klinik Diagnostik.

4.2.1 Klinik diagnostik adalah fasilitas di mana pasien secara teratur berada pada bagian rawat jalan untuk layanan diagnostik atau pengobatan ringan, tetapi tidak dilakukan pengobatan yang memerlukan anestesi umum atau operasi.

4.2.2 Fasilitas klinik diagnostik memiliki kriteria rancangan seperti yang ditunjukkan pada tabel 4 dan tabel 5 (lihat bagian tentang fasilitas panti jompo).

4.3 Klinik Pengobatan.

Klinik pengobatan adalah fasilitas yang menyediakan rawat jalan, pengobatan besar atau kecil untuk pasien yang tidak mampu berbuat untuk melindungi dirinya dalam kondisi darurat tanpa bantuan orang lain.

4.4 Kriteria Rancangan.

4.4.1 Perancang sistem harus mengacu pada paragraf berikut dari bagian fasilitas rumah sakit :

- (1) sumber infeksi dan tindakan pengendalian;
- (2) kualitas udara;
- (3) gerakan udara;
- (4) temperatur;
- (5) perbedaan tekanan dan ventilasi; dan
- (6) pengendalian asap.

4.4.2 Persyaratan pembersihan udara untuk ruang operasi sesuai dengan yang ada di tabel 1.

Area pemulihan tidak perlu dianggap sebagai area sensitif.

Perhatian terhadap bakteri sama seperti di rumah sakit perawatan akut.

Laju ventilasi minimal, perbedaan tekanan, kelembaban relatif, dan rentang temperatur yang diinginkan dirancang mirip dengan persyaratan untuk rumah sakit seperti ditunjukkan pada tabel 3, kecuali untuk ruang operasi, yang mungkin memenuhi ketentuan untuk kamar trauma.

4.4.3 Area fungsi berikut dalam fasilitas klinik pengobatan memiliki kriteria rancangan mirip dengan yang di rumah sakit:

- (1) operasi bedah, ruang pemulihan dan ruang penyimpanan anestesi;
- (2) penunjang;
- (3) diagnostik dan pengobatan kecil radiologi di wilayah umumnya;
- (4) sterilisasi dan persediaan; dan
- (5) layanan kotor, ruang kerja, fasilitas mekanik, dan kamar ganti.

4.4.4 Kontinuitas Pelayanan dan Konsep Energi.

4.4.4.1 Beberapa pengelola mungkin menginginkan bahwa pemanas, pengkondisian udara, dan sistem pelayanan air panas selalu siaga melayani dalam kondisi darurat dan sistem ini dapat berfungsi setelah bencana berlalu.

4.4.4.2 Untuk mengurangi biaya utilitas, fasilitas harus mencakup langkah-langkah konservasi energi seperti perangkat pemulihan, volume udara variabel, beban peneduh, atau sistem untuk mematikan atau mengurangi ventilasi area tertentu saat kosong. Ventilasi mekanik harus memanfaatkan udara luar dengan menggunakan siklus ekonomizer, untuk mengurangi beban pemanasan dan pendinginan.

4.4.4.3 Sub bagian pada layanan kontinuitas dan konsep energi bagian fasilitas rumah sakit juga mencakup informasi mengenai zonasi dan isolasi yang berlaku untuk klinik pengobatan.

BAB – V

PENGOPERASIAN DAN PEMELIHARAAN

5.1 Pendahuluan.

5.1.1 Fungsi pengoperasian dan pemeliharaan dalam rumah sakit dan klinik dapat dijelaskan dengan cara-cara yang berbeda.

Banyak fasilitas mempunyai petugas pemeliharaan sendiri yang menyediakan pemeliharaan minimum sampai yang mahal, sering juga sangat canggih dan sistem dengan teknik yang kompleks.

5.1.2 Beberapa fasilitas menunjukkan pekerjaan pemeliharaan minimum yang dikerjakan sendiri (biasanya keselamatan jiwa yang terkait dengan fungsinya) dan pada fungsi lainnya dikerjakan oleh sumber luar (*outsourcing*).

5.1.3 Model lain adalah seluruhnya dilakukan oleh bagian pemeliharaan dari sumber lain (*oursourcing*). Beberapa bagian dilakukan oleh serikat pekerja yang mempunyai keahlian praktis, dan beberapa bagian lain tidak dilakukan oleh serikat kerja.

5.1.4 Bab ini tidak ditujukan untuk membicarakan penilaian dari beragam sistem pemeliharaan yang berbeda. Tujuannya adalah untuk menunjukkan pentingnya fungsi pemeliharaan dalam fasilitas pelayanan kesehatan.

5.1.5 Untuk tugas yang tidak dapat dilakukan sendiri oleh petugas, perlu dipertimbangkan untuk menggunakan kontraktor atau konsultan. Pastikan bahwa kontraktor yang digunakan mampu melakukan pemeliharaan yang terbaik dan mempunyai pelatihan khusus. Untuk menghemat waktu dan mencegah masalah komunikasi, yakinkan kontraktor dapat memberikan layanan diagnostik dan perbaikan. Akhirnya untuk memastikan bahwa semua masalah dapat tertangani, tentukan kontraktor yang berpandangan holistik pada fasilitas.

5.1.6 Program pemeliharaan dan pengoperasian yang baik harus diimplementasikan untuk memastikan bahwa bangunan fasilitas pelayanan kesehatan dan sistem operasi dapat memberikan pelayanan yang andal kepada pasien.

5.2 Pemeliharaan.

5.2.1 Umum.

5.2.1.1 Sesuatu bagian yang bergerak akhirnya akan patah atau rusak. Sebuah rumah sakit membutuhkan pemeliharaan seperti fasilitas lainnya.

5.2.1.2 Pada suatu saat, biaya pemeliharaan menjadi komponen terbesar yang tidak terkontrol dari pengoperasian rumah sakit. Karenanya pemeliharaan harus secara hati-hati ditinjau ulang.

5.2.1.3 Pelaksanaan jadwal pengoperasian dan pemeliharaan yang kurang benar, seperti pemeliharaan pencegahan atau perbaikan chiller yang didasarkan secara sederhana dan dilakukan dalam jangka waktu pendek, dapat menjadi sangat mahal.

Hal sebaliknya bila pemeliharaan dilakukan hanya pada saat peralatan/komponen tidak berfungsi (pemeliharaan reaktif) dapat menyebabkan kerugian fungsi yang besar dan sulit diterima.

5.2.1.4 Empat (4) pendekatan umum untuk pemeliharaan : reaktif, preventif, prediktif, dan proaktif - berevolusi setiap tahun sebagai progres dalam sistem diagnostik telah dilakukan.

Penjelasan lebih detail tentang pendekatan pemeliharaan diberikan dibawah ini.

5.2.2 Pemeliharaan reaktif.

5.2.2.1 Pemeliharaan reaktif adalah pemeliharaan mulai beroperasi sampai rusak/gagal, penggantian peralatan hanya dilakukan pada saat rusak.

5.2.2.2 Pemeliharaan reaktif dapat diterima untuk peralatan yang penggunaannya tidak kritis dan biaya penggantian atau perbaikan peralatan kurang dari biaya monitor dan masalah pencegahannya.

5.2.2.3 Untuk contoh, penggantian lampu pencahayaan atau penggantian motor kecil yang biayanya hanya Rp. 4 juta.

5.2.2.4 Kerugiannya adalah sebagai berikut :

(1) Biaya waktu menganggur (*downtime*),

Permesinan sering gagal dengan tanpa atau sedikit pemberitahuan, akibatnya peralatan menjadi tidak dapat melayani sampai penggantian suku cadang tiba.

Jika peralatan pada area kritis, pelayanan perawatan pada pasien menjadi terganggu.

Jika suku cadang sulit diperoleh, dapat mengakibatkan jangka waktu tidak dapat melayani menjadi lama.

Bahkan peralatan murah dapat menyebabkan terganggunya waktu dan berdampak pada bisnis negatif yang signifikan.

(2) Biaya pemeliharaan keseluruhan tinggi.

Kegagalan yang tidak diharapkan dapat mengakibatkan biaya lembur untuk perbaikan darurat.

Biaya suku cadang naik karena pengirimannya dapat membutuhkan waktu yang lama dan tidak efisien, harga yang ditawarkan juga tidak kompetitif.

Sebagai tambahan, kegagalan akan menjadi lebih parah jika kegagalan yang terjadi tak terduga, kemungkinan dapat merusakkan atau menghancurkan komponen-komponen lain.

Sebagai contoh karena kegagalan "*timing belt*", dapat menyebabkan kerusakan pada katup, bantalan (*bearing*), poros engkol, kopling, impeller, sangkar fan, kipas, roda gigi, dan rumahnya.

(3) Bahaya keselamatan.

Kegagalan peralatan, khususnya fan jenis vane-axial, dapat mencelakakan petugas yang berada didekatnya.

Untuk contoh bagian dari kipas fan dapat merobek saluran udara (*ductwork*).

5.2.3. Pemeliharaan Pencegahan (*Preventive Maintenance*).

5.2.3.1 Pemeliharaan pencegahan berhubungan dengan jadwal pemeliharaan atau tugas pada jangka waktu tertentu.

Untuk contoh, penggantian minyak pelumas pada kendaraan setiap 5000 km atau penggantian "*timing belt*" setiap 100.000 km.

5.2.3.2 Dalam sistem tata udara, hal tersebut termasuk tugas untuk mengganti minyak, filter dan pembersihan peralatan.

5.2.3.3 Dengan melaksanakan pemeliharaan pencegahan, akan mencegah banyak masalah daripada pendekatan reaktif.

5.2.3.4 Pemeliharaan pencegahan memiliki beberapa kelemahan antara lain :

(1) Sering boros.

Pemeliharaan pencegahan mungkin mengganti peralatan yang masih mempunyai umur pakai kedepan yang panjang.

Timing belt sebuah kendaraan, umurnya 100.000 km, tetapi pengantiannya pada 60.000 km untuk mencegah kerusakan mungkin menjadi pemborosan.

Serupa, sebuah chiller dibongkar yang jadwalnya tidak perlu, mungkin memboroskan Rp. 150 juta atau lebih dan mungkin akhirnya harus mengganti bantalan yang masih baik.

(2) Tidak mencegah semua kerusakan.

Pemeliharaan pencegahan gagal untuk menyelesaikan beberapa masalah.

Jika akibat kebocoran minyak melemahkan sebuah sabuk (belt), sabuk yang baru dapat menjadi cepat rusak.

Serupa, jika ketidak seimbang atau salah penyetelan menyebabkan bantalan aus, selanjutnya bantalan dapat rusak sebelum jadwal pemeliharaan berikutnya.

(3) Dapat menyebabkan masalah.

Pemeliharaan pencegahan dapat secara nyata menyebabkan masalah baru.

Setiap pembongkaran menciptakan potensi untuk membuat kesalahan selama pembongkaran atau kerusakan yang lebih cepat dari komponen yang tidak asli.

Kedua kejadian tersebut akan menuju kerusakan yang lebih cepat daripada jika mesin beroperasi menggunakan komponen yang asli.

(4) Kebutuhan persediaan (Inventori) yang besar.

Pemeliharaan pencegahan membutuhkan persediaan (inventori) suku cadang yang besar dengan maksud mengatasi semua masalah yang dapat meningkat pada setiap bagian peralatan atau dapat dibutuhkan selama pembongkaran.

5.2.4 Pemeliharaan Prediktif (*Predictive*).

5.2.4.1 Pemeliharaan prediktif berhubungan dengan memeriksa kondisi peralatan sesuai operasinya. Pemeliharaan prediktif tidak berhubungan dengan jadwal pemeliharaan atau kebutuhan layanan.

5.2.4.2 Jika dari analisa menunjukkan masalah, manager fasilitas dapat merubah jadwal sebelum kerusakan total terjadi. Identifikasi awal masalah membantu mencegah waktu mengganggu dan biaya kerusakan sekunder.

5.2.4.3 Pemeliharaan prediktif merangkum masalah terbesar yang berhubungan dengan umur pakai komponen - tanpa membiarkan rusak sebelum habis umur pakainya.

Dengan melakukan ini, maka akan mengurangi biaya pemeliharaan dan waktu mengganggu.

5.2.4.4 Contoh, untuk sebuah kendaraan, mengetahui bahwa *timing belt* tidak akan rusak sampai 150.000 km, pemilik menjalankan jadwal penggantian pada 100.000 km.

Dalam suatu fasilitas, pemeliharaan predictive membolehkan manager untuk menghapus jadwal pembongkaran (*overhaul*) jika predictive secara teknis menunjukkan bahwa peralatan masih dalam kondisi baik.

Pertimbangan pemeliharaan prediktif ada tiga: Pertama, mengungkap masalah sebelum menyebabkan kerusakan, Kedua, memperpanjang waktu layanan untuk peralatan yang dalam kondisi baik. Akhirnya, tentukan kondisi peralatan pada saat beroperasi-tanpa mengganti mesin secara terpisah.

5.2.4.5 Teknik pemeliharaan prediktif dapat mengurangi biaya dengan mengungkapkan waktu optimal untuk pemeliharaan.

5.2.4.6 Teknik prediktif berikut digunakan dan akan dijelaskan lebih detail pada bagian 6.3.

- (1) Analisis getaran.
- (2) Pemeriksaan thermografik dengan infrared.
- (3) Analisis arus listrik motor.
- (4) Analisis minyak.
- (5) Analisis refrigeran.

5.2.5 Pemeliharaan proaktif.

5.2.5.1 Pemeliharaan proaktif mengandalkan pada metode prediktif (seperti analisis getaran) untuk menunjukkan komponen-komponen yang cenderung memburuk.

Tidaklah cukup mengetahui kapan komponen akan rusak, pemeliharaan proaktif juga akan mengeliminasi sumber kegagalan.

5.2.5.2 Untuk contoh, bukan pekerjaan sederhana mengganti bantalan yang aus, pemeliharaan proaktif mencari untuk mengeliminasi penyebab keausan.

5.2.5.3 Dengan memperoleh akar permasalahan kerusakan fan dan pompa (contoh ketidak seimbangan dan kesalahan penyetulan), proaktif berbicara mengurangi biaya mengganggu, mengeliminasi masalah-masalah yang berulang, memperpanjang usia penggunaan mesin, mengurangi biaya energi, dan mengidentifikasi pendekatan operasional yang tidak efektif.

5.2.6 Sistem Pemeliharaan dengan Komputer.

5.2.6.1 Komputer dapat berguna dalam mengimplementasi salah satu pendekatan pemeliharaan di atas. Sebagian besar rumah sakit modern memiliki beberapa jenis perintah kerja dengan sistem komputerisasi yang berguna dalam menerapkan pemeliharaan dan diperlukan pada sistem tata udara, pengendalian inventarisasi suku cadang, mengalokasikan tenaga kerja yang tersedia dengan efisien untuk tugas yang diperlukan, dan lain-lain.

5.2.6.2 Ada beberapa perangkat lunak komputerisasi sistem manajemen pemeliharaan yang sangat baik dan komputer sistem manajemen dilengkapi fasilitas yang tersedia (CAFM).

5.3 Perkakas Pemeliharaan Modern.

5.3.1 Analisis Getaran.

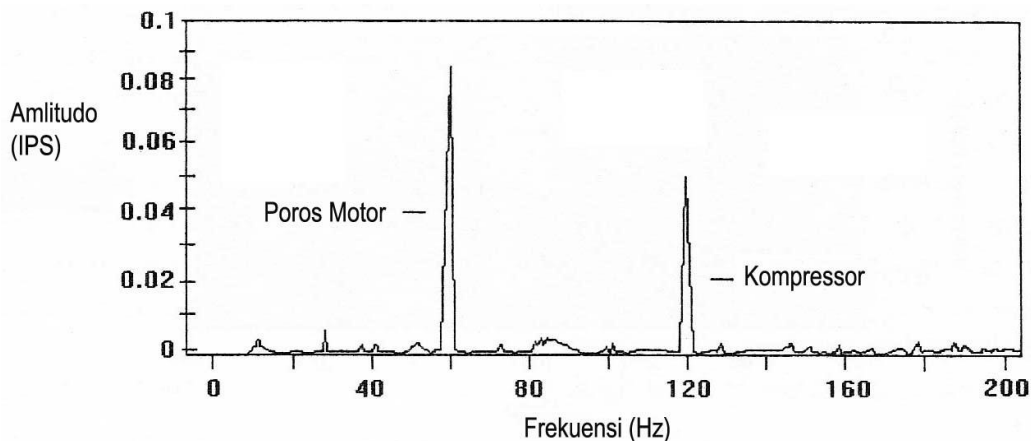
5.3.1.1 Penyelenggaraan Analisis Getaran.

- (1) Analisis getaran adalah salah satu teknik yang paling efektif untuk menganalisis kondisi peralatan berputar. Hal tersebut merupakan landasan program pemeliharaan prediktif karena mendeteksi berbagai masalah sebelum peralatan menyebabkan kerusakan.
 - (a) Penyetelan yang salah dan ketidak seimbangan (60% ~ 80% disebabkan oleh masalah kipas dan pompa).
 - (b) Resonansi dan cacat bantalan.
 - (c) Masalah roda gigi dan sabuk.
 - (d) Masalah impeller dan katrol (*sheave*).
 - (e) Poros longgar dan bengkok.
 - (g) Masalah yang berhubungan dengan aliran (kavitasi dan resirkulasi).
 - (h) Masalah kelistrikan (masalah batang rotor).
- (2) Dalam lingkungan yang kritis, manfaat terbesar dari analisis getaran adalah dapat memperkirakan waktu yang paling tepat untuk memperbaiki masalah mesin, dan menghilangkan waktu menganggur yang tidak terjadwal.

5.3.1.2 Analisa kinerja getaran.

- (1) Analisa getaran berhubungan dengan pemasangan sensor kecil di lokasi yang telah ditentukan pada peralatan yang dipilih.

Teknisi sensor ini menghubungkan accelerometer untuk mengumpulkan data dan mengkonversi gerakan mekanikal (getaran) menjadi sinyal listrik. Memplot sinyal-sinyal ini untuk menghasilkan grafik yang disebut grafik getaran dan memberitahu teknisi komponen-komponen yang bergetar dan berapa banyak.



Gambar 6.3.1.2 - Contoh analisis getaran pada sebuah chiller.

- (2) Gambar 6.3.1.2 menunjukkan grafik getaran yang khas untuk chiller. Amplitudo dan frekuensi adalah dua karakteristik getaran yang digunakan untuk mendiagnosa masalah pada peralatan.
- (3) Amplitudo menunjukkan jumlah getaran. Ini menunjukkan keparahan masalah. Semakin besar amplitudonya semakin besar pula masalahnya. Amplitudo diukur dalam inci per sekon (ips).
- (4) Frekuensi mengidentifikasi sumber getaran.

Sebagai contoh, sebuah poros motor dapat bergetar pada 50 Hz, sementara kompresor dapat bergetar pada 120 Hz.

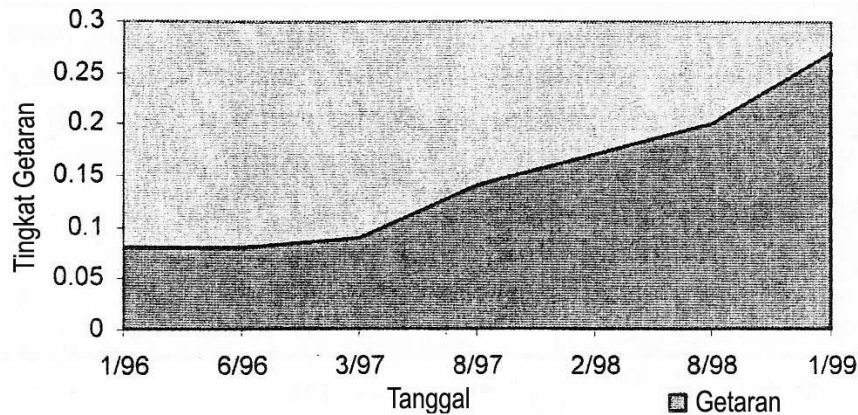
Selain itu masalah mekanis yang berbeda dapat menyebabkan getaran pada frekuensi yang berbeda.

Frekuensi diukur dalam rotasi per menit (rpm), siklus per menit (cpm), dan siklus per sekon (cps atau hertz [Hz]).

Rpm mesin adalah ukuran frekuensi. Di bawah ketidakseimbangan, terjadi satu siklus selama masing-masing putaran. Oleh karena itu, frekuensi untuk ketidakseimbangan adalah 1 x rpm. Mesin yang berbeda berjalan pada rpm yang berbeda. Sebuah motor yang beroperasi pada 1800 rpm memiliki frekuensi ketidakseimbangan 1 x rpm atau 1800 cpm.

5.3.1.3 Gejala meningkatnya getaran.

- (1) Gambaran besar gejala-gejala yang ada adalah mengukur tingkat getaran dari waktu ke waktu dan membantu menentukan lebih tepat jika sebuah mesin akan gagal. Suatu pengukuran getaran tunggal memberikan potret dari kondisi mesin, mempelajari gejala dan memberikan gambaran penuh dari kinerja peralatan.
- (2) Sebagaimana ditunjukkan pada gambar 6.3.1.3, getaran mesin 0,13 ips, yang masih berada sesuai spesifikasi.



Gambar 6.3.1.3 - Kecenderungan getaran pada sebuah chiller

- (3) Jika hanya berdasar pada pengukuran saja, maka mesin tidak memiliki masalah.
- (4) Pada grafik apabila menunjukkan gejala bahwa tingkat getaran naik pada laju yang meningkat, merupakan tanda akan ada masalah di waktu mendatang,

5.3.1.4 Gejala getaran.

- (1) Perkiraan gejala di masa mendatang dan menyediakan waktu untuk mempersiapkan pemeliharaan pada peralatan yang diperlukan.
- (2) Daripada melakukan perbaikan darurat, manajer pemeliharaan dapat menjadwalkan perbaikan dengan penghentian peralatan yang direncanakan pada lepas jam puncak. Setiap pengukuran gejala-gejala dapat mengurangi risiko waktu menganggur yang tidak terjadwal. Pentingnya jangka waktu untuk mencatat frekuensi dari pengukuran gejala.

5.3.1.5 Getaran keseluruhan.

Getaran keseluruhan (diukur dalam ips) adalah getaran total dalam sebuah peralatan, getaran disebabkan oleh semua masalah peralatan.

Mengukur keseluruhan getaran mesin akan dengan cepat mengungkapkan apakah mesin dalam kondisi baik, kondisi ini tidak memberitahu kita, tetapi bagaimanapun kita tahu apa masalahnya.

Titik getaran yang tinggi secara keseluruhan membutuhkan analisa melalui grafik getaran.

5.3.2 Pemeriksaan termografik dengan Infrared.

5.3.2.1 Termografik berhubungan dengan analisa pertukaran kalor radiasi elektromagnetik.

5.3.2.2 Semua obyek hidup dan tak hidup (misalnya: panel kontrol listrik, motor, dan pintu boiler) memancarkan radiasi elektromagnetik dalam spektrum infra merah. Hanya sebuah kamera infra merah dapat melihat radiasi tersebut.

5.3.2.3 Inspeksi termografik adalah teknik yang akurat, cepat, dan efektif untuk menghindari kerusakan peralatan dengan mengumpulkan dan menyajikan informasi kinerja termal tentang sistem.

5.3.2.4 Ini bukan satu-satu cara untuk memastikan pengoperasian peralatan yang tepat, bagaimanapun, pengujian lainnya dan pemeliharaan yang tepat diperlukan untuk memastikan kinerja yang handal.

5.3.2.5 Pemindai infra merah terlihat seperti kamera video. Catatan informasi ini dikumpulkan pada diskete atau pada rekaman video standar Compact disc untuk nanti diperiksa dan diselidiki. Sebuah tampilan layar membantu untuk mengidentifikasi daerah potensi masalah dengan segera.

5.3.2.6 Pelaksanaan inspeksi thermografik.

- (1) Dalam inspeksi thermografik, peralatan dalam bangunan secara sistematis dipindai untuk memperoleh profil temperatur dalam rangka menemukan dan memperbaiki masalah sebelum terjadi berkembangnya kerusakan peralatan.
- (2) Analisa dapat mengisolasi daerah sumber masalah panas yang berlebihan atau lainnya. Anomali temperatur dalam peralatan - baik tempat-tempat panas dan tempat-tempat dingin - dapat diselidiki. Tingkat keparahan relatif dari tempat panas dapat ditentukan, dan akar masalahnya dapat diisolasi dan diidentifikasi.

5.3.2.7 Penggunaan lain dari pemeriksaan thermografik.

- (1) Inspeksi listrik adalah salah satu dari banyak aplikasi teknologi thermografik.
- (2) Pikirkan sistem listrik sebagai suatu jaringan. Tegangan menyebabkan sambungan putus pada sambungan terlemah. Dalam sistem listrik, tempat panas yang disebabkan kenaikan temperatur yang kecil dapat melemahkan sambungan. Ketika komponen mengalami kerusakan, temperaturnya naik, dan akhirnya membakar atau terjadi hubung arus pendek pada sambungan.

5.3.3 Analisis Arus Listrik Motor.

5.3.3.1 Analisa arus listrik motor digunakan untuk mendiagnosa masalah rotor, termasuk :

- (1) Patah atau retaknya batang rotor atau cincin terhubung singkat (kortsluit).
- (2) Sambungan buruk mengakibatkan tahanan tinggi antara batang rotor dan cincin yang terhubung singkat (kortsluit).
- (3) Laminasi rotor terhubung singkat (kortsluit).
- (4) Batang rotor longgar atau terbuka, tidak membuat kontak yang baik dengan ujung cincin.

5.3.3.2 Analisa arus listrik menghilangkan kebutuhan pengujian untuk mendiagnosa masalah tanpa mematikan dan membongkar peralatan.

5.3.3.3 Analisa arus listrik motor umumnya dapat dilakukan sementara peralatan sedang berjalan. Satu pengecualian adalah mesin bertegangan tinggi, ini harus dimatikan untuk menghindari risiko bahaya listrik.

5.3.3.4 Bagaimana analisa arus listrik motor ditunjukkan.

- (1) Suatu analisa arus listrik motor dilakukan dengan multimeter dan klem penjepit arus listrik motor yang mengukur arus listrik yang ditarik oleh motor.

- (2) Arus listrik motor dapat diukur baik pada fase utama arus listrik atau pada sirkit kontrol sekunder. Sirkit sekunder aman;
- (3) Gunakan selalu tegangan lebih dari 600 Volt untuk mengukur arus listrik utama peralatan. Apabila melakukan analisis arus listrik motor, ukur ujung jalur listrik tiga fase. Kemudian analisa dengan membandingkan arus listrik disetiap fase.
- (4) Beda arus listrik disetiap fase harus tidak lebih dari 3% satu sama lain. Perbedaan lebih tinggi dari 3% dapat terjadi masalah pada stator.

5.3.4 Analisis Minyak.

5.3.4.1 Analisis minyak adalah salah satu teknologi prediktif tertua, yang paling umum, dan berguna.

5.3.4.2 Analisis ini membantu mencegah kegagalan dan waktu menganggur yang tak terjadwal dengan menampilkan jumlah keausan logam dan jenis kontaminan dalam minyak.

5.3.4.3 Jumlah keausan logam menunjukkan apakah peralatan mengalami keausan yang tidak biasa.

5.3.4.4 Jenis kontaminan dalam minyak, serta karakteristik fisik minyak, menentukan apakah jangka waktu penggantian minyak dapat diperpanjang.

5.3.4.5 Umumnya metode untuk menentukan kualitas minyak meliputi analisis spectrochemical, test fisik, dan ferrography.

Analisis spectrochemical mengidentifikasi partikel yang dipakai (logam seperti, seng, aluminium, nikel, tembaga dan chromium) dalam minyak.

5.3.4.6 Jumlah yang tinggi dari kontaminan logam menunjukkan komponen aus. Tes fisik menunjukkan seberapa baik pelumas melakukan tugasnya. Pelumas yang terkontaminasi dapat diganti sebelum keausan komponen terjadi.

5.3.4.7 Tes fisik yang paling umum meliputi :

(1) Viskositas.

Viskositas adalah resistansi internal pelumas untuk mengalir. Ini sifat fisik satu-satunya yang paling penting dari minyak. Perubahan viskositas pelumas menunjukkan kerusakan, pencemaran, atau perawatan yang tidak benar. Masing-masing kejadian menyebabkan kerusakan prematur komponen.

(2) Air dalam minyak.

Air mendorong oksidasi dan karat pada komponen. Air juga menghalangi pelumas melakukan tugasnya.

(3) Angka Total Keasaman.

- (a) Angka total keasaman adalah tingkat asam dalam bahan pelumas. Angka ini menunjukkan kontaminasi asam atau oksidasi dalam minyak meningkat. Keduanya meningkatkan potensi keausan karena karat.
- (b) *Perrography* merupakan teknik yang berguna untuk menganalisa peralatan sentrifugal dengan transmisi dan untuk kompresor sekrup (*screw*). *Perrography* ini menentukan kondisi komponen dengan langsung memeriksa partikel keausan logamnya.

- (c) Keausan logam dan partikel kontaminan dipisahkan dari minyak dan disusun menurut ukuran dan komposisinya. Pembacaan dapat dilakukan langsung dengan monitor *ferrography* (DR) dan mengukur gejala konsentrasi keausan dari partikel besi.
- (d) Pembacaan langsung menggunakan *ferrography* untuk menunjukkan gejala kondisi abnormal atau kritis yang memicu untuk menganalisa dengan *ferrography*. Pembacaan langsung *ferrography* biasanya tidak diperlukan jika analisa getaran sedang dilakukan karena analisis getaran untuk analisis kondisi roda gigi dinilai lebih akurat.
- (e) Pengambilan sampel secara teratur penting untuk kesuksesan menganalisa minyak. Sampel menentukan kesesuaian untuk layanan selanjutnya. Sampel juga dapat memberikan informasi penting tentang keberadaan logam yang aus, asam, uap air, dan kontaminasi lainnya.

5.3.5 Analisis Refrigeran.

5.3.5.1 Analisis refrigeran memeriksa sifat-sifat fisik, kontaminasi fase uap, dan kontaminasi fase cair untuk menentukan kondisi refrigeran.

5.3.5.2 Uap air dan keasaman adalah dua hal yang paling penting untuk dipantau.

5.3.5.3 Uap air yang tinggi dapat meningkatkan kadar asam, yang pada gilirannya menyebabkan insulasi motor memburuk dan tabung logam terkikis.

5.3.5.4 Apabila asam dalam sistem bermigrasi ke dalam minyak, asam mempercepat keausan komponen yang berputar seperti bantalan dan roda gigi. Hal ini menyebabkan kerusakan prematur dari komponen. Suatu analisis refrigerant juga dapat memverifikasi bahwa refrigeran yang dibeli memenuhi standar ARI 700-99 (ARI 1999b) dan biasanya digunakan untuk menilai kondisi refrigeran.

5.3.5.5 Analisa harus dilakukan setelah memperbaiki kebocoran, menambah refrigeran atau melakukan perbaikan besar yang memiliki potensi tinggi terjadinya kontaminasi uap air.

5.3.5.6 Keakuratan tes refrigeran tergantung pada teknik pengambilan sampel. Hal ini penting untuk tidak mencemari sampel dengan uap air dari luar karena kadar uap air merupakan indikator penting dari kondisi refrigeran.

5.3.6 Kesejajaran Poros.

5.3.6.1 Kesejajaran yang tidak tepat umumnya dapat menyebabkan tingginya getaran dan kerusakan prematur dari peralatan.

5.3.6.2 Tingkat getaran yang tinggi menyebabkan keausan yang berlebihan pada bantalan, bos (bushing), kopling, sekat poros, dan roda gigi.

5.3.6.3 Kesejajaran yang tepat dapat memperlambat kemunduran dari peralatan. Kesejajaran berarti penyesuaian sebuah peralatan sehingga poros sesuai dengan mesin yang disambungkan.

5.3.6.4 Apabila mesin penggerak dan yang digerakkan dihubungkan melalui kopling yang biasa, dan berputar bersama pada keseimbangan operasi, putaran unit sepanjang sumbu bersama dari putaran, sebagai unit secara terus menerus tanpa getaran yang berlebihan.

5.3.6.5 Ada tiga jenis kesejajaran yang umum, yaitu :

- (1) Paralel, dimana muka pusat kopling paralel, tetapi dua garis pusat poros seimbang, jarak dua garis pusat poros menjadi penting.
- (2) Menyudut, dimana muka pusat kopling tidak paralel dan garis pusat poros tidak konsentris.
- (3) Sempurna, dimana muka pusat kopling paralel dan garis pusat poros konsentris.

5.3.7 Koreksi ketidak sejajaran poros.

Apabila prosedur kesejajaran dan getaran dilakukan, penyetelan dilakukan hanya untuk satu mesin. Mesin ini adalah unit penggerak.

Mesin yang tidak disetel (karena keterbatasan ukuran dan fisik), biasanya mesin yang dipasang tetap atau unit yang digerakkan.

Cara terbaru kesejajaran dan perkakas yang membuat kesejajaran relatif lebih cepat dan mudah, terdiri dari cara :

- (a) Indikator terbalik.
- (b) Laser.
- (c) Optik;
- (d) Kesejajaran.

Setiap kesejajaran, juga kesejajaran tepi lurus, lebih baik dilakukan daripada tidak dilakukan sama sekali.

5.3.8 Kesimbangan dinamis.

5.3.8.1 Ketidak seimbangan terjadi jika pusat massa dari sistem yang berputar tidak tepat dengan pusat putaran. Massa yang berlebihan pada satu sisi dari motor menimbulkan ketidak seimbangan. Gaya sentrifugal yang bekerja pada sisi terberat melebihi gaya sentrifugal yang ditentukan.

5.3.8.2 Besarnya getaran akibat kecepatan berputar menimbulkan ketidak seimbangan dan secara langsung berbanding dengan jumlah ketidak seimbangan. Ketidak seimbangan dapat disebabkan oleh beberapa hal, termasuk konstruksi yang tidak betul, bahan yang dibuat, atau rotor yang longgar.

5.3.8.3 Ketidak seimbangan rotor menyebabkan meningkatnya tingkat getaran dan menaiknya tegangan pada komponen yang berputar. Peninggian tingkat getaran dalam rotor dari konstruksi berpengaruh pada keseluruhan mesin dan menyebabkan keausan yang berlebihan pada struktur pendukung, bantalan, bos (bushing) poros dan roda gigi.

5.3.8.4 Kondisi ketidak seimbangan dapat terjadi pada satu bidang (ketidak seimbangan statik) atau multi bidang (ketidak seimbangan gabungan).

5.3.8.5 Kombinasi yang disebut ketidak seimbangan dinamis dan menimbulkan suatu vektor yang berputar dengan poros dan menghasilkan satu per putaran tanda getaran.

5.3.8.6 Unit keseimbangan dinamis :

- (1) memperpanjang umur bantalan, bos (bushing) poros dan roda gigi.
- (2) mengurangi getaran sampai tingkat yang dapat diterima yang tidak akan mempercepat kemunduran peralatan.

- (3) mengurangi ketegangan yang menyebabkan peralatan rusak.
- (4) meminimalkan kebisingan, kelelahan operator, dan ketidakpuasan.
- (5) mengurangi kerugian energi.

6.3.9 Identifikasi ketidakseimbangan.

6.3.9.1 Ketidakseimbangan perlu dibedakan dari sumber getaran lain sebelum memulai prosedur menyeimbangkan. Suatu puncak getaran pada atau dekat kecepatan berputar rotor dapat memiliki beberapa penyebab, seperti ketidaksejajaran, poros bengkok atau retak, eksentrisitas, batang rotor terbuka atau ketidakseimbangan

5.3.9.2 Periksa adanya ketidakseimbangan sebelum melanjutkan prosedur menyeimbangkan. Teknik menganalisa seperti spectrum bentuk gelombang atau analisa fase dapat mengisolasi ketidakseimbangan seperti yang menyebabkan getaran.

5.3.9.3 Ketidakseimbangan ini ditandai oleh :

- (1) Besarnya getaran yang dominan pada kecepatan berputar dari rotor.
- (2) Getaran yang tertinggi pada bidang radial dan vertikal dan terendah tingkat getarannya pada bidang aksial.
- (3) Amplitudo dan sudut fasa dari getaran yang berulang dan mantap.
- (4) Pengukuran getaran radial terhadap sudut fase vertikal.

5.4 Pengoperasian.

5.4.1 Layanan yang terus menerus.

5.4.1.1 Rumah sakit tidak pernah tutup. Rumah sakit beroperasi 24 jam sehari, 7 hari per minggu. Fasilitasnya harus dirancang untuk memungkinkan berhenti untuk pemeliharaan dan menambah fitur ke sistem. Filosofi rancangan dapat disimpulkan secara mudah dengan dua kata : isolasi dan redundansi.

5.4.1.2 Prosedur yang ditunjukkan pada fasilitas rawat jalan dan klinik meningkatkan kompleksitas. Meskipun rumah sakit digolongkan sebagai bukan hunian bisnis, seorang manajer fasilitas harus melihat dengan hati-hati persyaratan untuk setiap fungsi sesuai jenis bangunan. Banyak rumah sakit sederhana yang beroperasi kurang dari 24 jam per hari.

5.4.2 Kebutuhan berkolaborasi.

5.4.2.1 Kerjasama yang erat dan tim kerja dibutuhkan antara departemen pemeliharaan dan lembaga lain rumah sakit. Lembaga ini termasuk bagian pengendalian infeksi, terapi pernapasan, teknik biomedikal, polisi dan keamanan, dan/atau layanan lingkungan.

5.4.2.2 Untuk contoh, kerjasama bagian pemeliharaan dengan lainnya untuk memastikan bahwa sistem bangunan beroperasi dengan benar untuk mengurangi infeksi.

Penggunaan yang kurang tepat ruang isolasi bertekanan negatif dapat memungkinkan zat infeksi dari ruangan masuk koridor dan menginfeksi pekerja, pasien-pasien lain, atau pengunjung.

5.4.2.3 Ketidaktepatan temperatur air panas dapat memungkinkan pertumbuhan mikrobial.

Ketidak tepatan pemakaian filter atau pemeliharannya dapat menimbulkan masalah pengendalian infeksius.

5.5 Pemenuhan dengan Persyaratan “*Joint Commisioning*”.

Bagian pemeliharaan bekerja sama erat dengan departemen lain dan komite keselamatan fasilitas untuk memperoleh pemenuhan “*Joint Commission on Accreditation of Healthcare Organization (JHAHO)*” Area kunci berikut relatif menjadi perhatian untuk pemenuhan tersebut.

5.5.1 Pernyataan Kondisi

5.5.1.1 JCAHO mempersyaratkan bahwa semua fasilitas perawatan kesehatan menggunakan informasi mutakhir kondisi fasilitas.

5.5.1.2 Dokumen ini disebut Pernyataan Kondisi (*Statement Of Conditions = SOC*).

5.5.1.3 Pernyataan Kondisi (SOC) berisi daftar semua tindakan korektif yang ditunjukkan dalam suatu rencana koreksi (*Plan for Correction = PFC*).

5.5.1.4 SOC adalah dokumen yang tetap tinggal. SOC harus selalu diperbaharui jika fasilitas dirubah, direnovasi, atau ditingkatkan.

Bagian pemeliharaan memainkan peran sentral dalam mempersiapkan dokumen **SOC** dan melaksanakan **PFC**.

5.5.2 Kesiapan rumah sakit menghadapi bencana

5.5.2.1 Lisensi negara biasanya mempersyaratkan fasilitas perawatan kesehatan untuk mempunyai rencana tanggap bencana sebagai keharusan dari JCAHO.

Bagian pemeliharaan mempunyai peran penting dalam memformulasi dan mengimplemen tasi rencana tersebut.

5.5.2.2 Contoh lain dari kerja sama yang erat dibutuhkan antara bagian pemeliharaan dan bagian lain. Komite perencanaan tanggap bencana fasilitas perawatan kesehatan biasanya termasuk perwakilan dari berikut ini :

- (1) petugas medik;
- (2) administrasi (termasuk manajer risiko).
- (3) bagian gawat darurat;
- (4) keamanan/komunikasi;
- (5) hubungan publik.
- (6) Rekam medik dan pendaftaran;
- (7) laboratorium;
- (8) radiologi;
- (9) terapi pernapasan.

5.5.3 Sarana Penyelamatan Jiwa Sementara.

5.5.3.1 Menciptakan lingkungan bangunan yang aman adalah sasaran persyaratan teknis keselamatan jiwa dan standar yang mencakup: jalan ke luar, tangga, alat deteksi api, dan hunian umum.

5.5.3.2 Sepanjang perencanaan bangunan tetap tidak berubah, perencanaan terpadu sistem keselamatan jiwa juga tidak berubah.

5.5.3.3 Namun demikian, fasilitas perawatan kesehatan selalu berubah, seperti bangunan yang sedang mengalami renovasi dan konstruksi (baik yang direncanakan maupun yang tidak direncanakan), keterpaduan sistem keselamatan jiwa dapat berkurang.

5.5.3.4 Oleh karena itu, potensial untuk menciptakan sistem keselamatan jiwa sementara untuk mengatasi penurunan keselamatan jiwa tersebut.

Keselamatan jiwa sementara umumnya diabaikan selama perancangan renovasi dan sering tidak ditangani sampai dengan konstruksi sebenarnya dimulai.

5.5.3.5 Tidak pernah terlambat membuat penyesuaian yang diperlukan untuk proses perancangan dan konstruksi. Jika tidak, pasien dan pengunjung mungkin terkena bahaya. Bagian pemeliharaan dapat dipanggil untuk menyelenggarakan tambahan latihan pemadaman kebakaran dan evakuasi dan menjalankan pengawasan pada pekerjaan pemotongan, solder, dan penggunaan api dalam proses konstruksi.

5.5.3.6 Beberapa masalah bagian pemeliharaan adalah dalam mengeluarkan ijin internal penggunaan api untuk kontraktor luar dan keamanan zona alarm kebakaran seperti yang diperlukan untuk pembangunan di bangunan yang sudah ada. Setelah pembangunan selesai, sistem alarm dikembalikan ke kondisi pengoperasian normal.

5.5.4 Manajemen Utilitas.

5.5.4.1 Manajemen utilitas mempunyai fungsi kompleks dalam fasilitas perawatan kesehatan. Peningkatan kualitas diperlukan dengan kecenderungan munculnya sistem utilitas dan peralatan yang baru.

5.5.4.2 Manajer utilitas harus mencatat semua kebutuhan dan menyadari masalah keterbatasan ruang lingkup yang berhubungan dengan ketentuan pemeliharaan, keselamatan dan persyaratan teknis (contoh OSHA).

5.5.5 Penilaian sendiri dan resolusi masalah kualitas udara dalam ruangan.

5.5.5.1 Masalah kualitas udara dalam ruangan berasal dari banyak sumber yang berbeda di dalam fasilitas. Sumber ini dapat terkait dengan sistem bangunan, proses dan prosedur, praktek manajemen, karyawan, dan pengaruh luar.

5.5.5.2 Bagian pemeliharaan biasanya memperoleh panggilan pertama yang berhubungan dengan masalah ini, dan bagian ini mengikuti sistematis proses investigasi yang dibutuhkan.

5.5.6 Pencegahan penyakit Legionnaire.

5.5.6.1 Fasilitas perawatan kesehatan dapat rentan terhadap wabah Legionella. Bagian pemeliharaan merupakan pertahanan baris depan terhadap masalah ini. ASHRAE menyelenggarakan diskusi yang sangat baik dari masalah ini dan potensial solusinya.

5.5.6.2 Legionella adalah bakteri. Nama penyakit ini berasal dari wabah terkenal pada tahun 1976, di bahas pada Konvensi Legiun di Philadelphia Amerika Serikat, dan berkaitan dengan sebuah menara pendingin. Legionella terjadi pada sumber-sumber air alami dan sistem air perkotaan dalam konsentrasi rendah atau tidak terdeteksi.

5.5.6.3 Dalam kondisi tertentu konsentrasi dapat meningkat secara dramatis dalam proses yang dinamakan "*amplification* (penguatan). Kondisi *amplification* yang disukai termasuk :

- (1) temperatur air 77°F ~ 108°F (25°C ~ 42°C).
- (2) tidak mengalir (mandeg)
- (3) pengapuran (*scale*) dan sedimen.
- (4) biofilm;
- (5) keberadaan amuba.
- (6) beberapa bahan alami, seperti karet, kayu, beberapa bahan plastik.

5.5.6.4 Penularan ke manusia terjadi ketika air yang mengandung organisme ini dalam bentuk tetesan aerosol terhirup (1 ~ 5 mikron) dan dihirup oleh pemilik rumah yang rentan. Infeksi pada awalnya terjadi pada saluran pernapasan atas atau bawah. Risiko terbesar untuk orang tua, mereka yang merokok, mereka yang memiliki penyakit paru-paru kronis dan mereka yang mengalami *imunopresi*.

5.5.6.5 Teknologi menjanjikan untuk peredaan Legionella atau mengendalikannya meliputi pengobatan dengan klorin dioksida, chloramines, atau mengijeksikan ion tembaga-perak dalam pasokan air domestik.

5.5.6.6 Telah lama diketahui bahwa menara pendingin merupakan penyebab potensial Legionellosis. Rekomendasi yang merupakan kunci untuk meminimalkan risiko dari menara pendingin mengaitkan permukaan yang bersih dan program biosida. Bantuan profesional dengan pengobatan kimia dianjurkan.

5.5.6.7 Filtrasi mekanik harus dipertimbangkan untuk meminimalkan kekotoran (*fouling*). *Drift eliminator* harus secara teratur diperiksa, dibersihkan dan diperbaiki sesuai kebutuhan.

5.5.6.8 Secara praktis untuk pilihan biocides digunakan untuk pengolahan air dalam rangka menghindari berkembangnya jenis yang resistan dengan mikroba.

5.5.6.9 Direkomendasikan pergantian secara mingguan.

5.5.6.10 Menghentikan dan menjalankan menara pendingin memerlukan perhatian khusus. Ketika sebuah sistem dimatikan selama lebih dari 3 (tiga) hari, pengeringan sistem keseluruhan untuk membersihkan limbah dianjurkan.

Apabila tidak praktis untuk melakukannya, air yang diam harus diolah ulang dengan biosida regimen sebelum menara pendingin tersebut dijalankan.

Sirkulasi air sampai 6 (enam) jam disarankan untuk sistem dengan pengeringan, dan untuk yang tidak dikeringkan setelah penambahan biocide dan sebelum fan menara pendingin dioperasikan.

5.5.7 Sistem pemantauan tekanan untuk ruang isolasi.

5.5.7.1 NIOSH merekomendasikan pemeriksaan suatu tabung asap arah aliran udara untuk pemeriksaan kualitatif "kalibrasi" tekanan diferensial.

5.5.7.2 Jika sistem monitor tekanan terpasang, direkomendasikan kalibrasi kuantitatif dilakukan pada jangka waktu tertentu untuk memastikan bahwa sistem ini akurat untuk memantau tekanan.

5.5.8 Tanggapan pertama

5.5.8.1 Koordinasi untuk persiapan terjadinya penghentian tak terduga dan kegagalan sistem adalah penting.

5.5.8.2 Perencanaan yang matang bagi mereka yang ada dan menangani bagaimana mereka akan berkomunikasi dengan petugas perawatan kesehatan adalah penting.

5.5.8.3 Jalur keputusan manajemen harus didefinisikan secara jelas, dan kontigensi harus dibangun untuk petugas yang absen

5.6 Konstruksi.

5.6.1 Umum

5.6.1.1 Banyak bagian pemeliharaan melakukan sendiri pekerjaan jasa konstruksi di bangunan untuk renovasi atau proyek konstruksi baru.

5.6.1.2 Jika dikelola dengan baik, biasanya dapat memberikan konstruksi dengan biaya yang lebih rendah dari kontraktor luar.

5.6.1.3 Bagian pemeliharaan memiliki keuntungan dengan memanfaatkan waktu menganggur dan jika diperlukan mereka dapat bergerak dari satu lokasi ke lokasi lain dalam waktu singkat.

5.6.1.4 Konstruksi dan fungsi pemeliharaan harus didefinisikan secara jelas dan terpisah. Selalu ada bahaya bahwa pekerjaan konstruksi yang terlalu banyak dapat mengalihkan sumber daya manusia dari fungsi bagian perawatan.

5.6.1.5 Penilaian risiko infeksi oleh kelompok kontrol infeksi fasilitas perawatan kesehatan harus menjadi bagian integral dari proses konstruksi. Bagian pemeliharaan selalu termasuk dalam kelompok pengendalian infeksi pada pertemuan meninjau rencana dan pertemuan perhitungan awal konstruksi.

5.6.1.6 Menugaskan perwakilan pemilik untuk semua proyek konstruksi sangat dianjurkan. Dalam kebanyakan kasus, ini merupakan kunci untuk menentukan apakah pemilik uang mempunyai cukup uang dan seberapa baik tim perancang/konstruksi melakukan tugasnya.

5.6.1.7 Wakil ini harus memahami konstruksi, perdagangan, harus memahami kontrak yang diberikan, dan cukup fleksibel untuk bekerja menyelesaikan masalah koordinasi antara kontraktor dan pemilik.

5.6.1.8 Waktu menganggur, kerja malam dan mencari peluang untuk kegiatan yang bising (seperti memotong dan memalu) dikoordinasikan melalui wakil ini, yang mungkin juga bertanggung jawab untuk pengelasan dan ijin kerja yang berhubungan dengan panas.

5.6.1.9 Suatu tim kecil dari departemen pemeliharaan bersama wakil pemilik dapat mengidentifikasi masalah kinerja dan pemeliharaan sebelum langit-langit dan dinding yang tertutup diinspeksi ditempat oleh kelompok pemelihara sangat dianjurkan. Pemeriksaan ini harus dikontrol dan dijadwalkan oleh wakil pemilik atau kantor pemeliharaan.

5.6.2 Tinjauan Rencana Konstruksi.

Bagian pemeliharaan biasanya diminta untuk terlibat dalam meninjau proyek-proyek konstruksi yang baru dan renovasi. Uraian berikut dapat membantu selama proses ini:

5.6.2.1 Ruang peralatan mekanikal dan elektrikal.

(1) Ruang mekanikal.

- (a) Idealnya ruang mekanikal untuk peralatan utama seperti peralatan pengkondisian udara dan chiller harus langsung dapat diakses dari luar bangunan untuk kemudahan penggantian-penggantian.
- (b) Fitur ini praktis, minimal lokasi ruang mekanikal harus dapat meminimalkan gangguan dari petugas pemeliharaan ke lantai medik.
- (c) Jika memungkinkan kendaraan transportasi dapat langsung untuk melakukan perawatan peralatan sesuai yang diinginkan. Akses dengan lif langsung ke ruang mekanik di lantai atas sangat membantu.

(2) Peralatan yang dipasang di atap.

- (a) Peralatan yang dipasang di atap secara umum harus dihindari untuk pemakaian pada kondisi kritis karena akses biasanya sulit dan kondisi kerja yang tidak aman untuk petugas pemeliharaan.
- (b) Namun demikian peralatan tata udara yang dipasang di atap adalah pilihan biaya yang sangat efektif untuk klinik.
- (c) Juga fan buang (Exhaust fan), menara pendingin, dan peralatan pelepas kalor lainnya sering ditempatkan di atap.
- (d) Setiap kali digunakan peralatan yang dipasang di atap, perlu disediakan jalan akses untuk petugas yang tidak merusak atap, Sebuah tangga tetap dan atau catwalk harus dipertimbangkan untuk setiap peralatan yang memerlukan akses untuk perawatan (termasuk katup) dan tidak mudah diakses dari tangga portabel tinggi 6 ft (2 m).
- (e) Kabel dan kotak kontak untuk layanan listrik harus termasuk dan berada didekat peralatan.

(3) Tata Letak Ruang Mekanikal.

- (a) Tata letak ruang mekanikal harus mencakup ruang yang cukup untuk akses ke peralatan untuk pengoperasian, pemeliharaan dan termasuk catwalk permanen atau tangga untuk akses ke peralatan yang tidak dapat dijangkau dari lantai.
- (b) Periksa bahwa sarana yang praktis tersedia untuk memindahkan/mengganti jenis peralatan berat dan/atau besar yang diletakkan di dalam fasilitas dan disediakan ruangan untuk menarik semua koil, penukar kalor, chiller, tabung boiler, dan filter.

(4) Chiller dan Boiler.

Ketentuan harus dibuat untuk memindahkan unit-unit ke dalam dan keluar dari bangunan. Untuk chiller yang besar, pertimbangkan untuk memasang balok yang melekat di struktur untuk memindahkan atau mengganti kompresor yang besar atau motor-motor.

(5) Akses Petugas Umum.

- (a) Sarana yang aman dan praktis dari akses petugas harus disediakan. Jarak minimum 2 ft (0,6 m) dari peralatan mekanikal umumnya dibutuhkan pada semua titik layanan ke peralatan mekanikal untuk akses petugas dan ruang kerja.
- (b) Ruang yang lebih besar mungkin dibutuhkan untuk peralatan khusus dan pekerjaan pemeliharaan. Selama tinjauan, kemampuan kebutuhan layanan peralatan untuk ruang peralatan mekanikal, koridor, ruang berpenghuni, dinding belakang, langit-langit atas, dan/atau ditanam dalam tanah harus diperiksa.

(6) Bangunan energi yang terpisah.

- (1) Jika air sejuk, air hangat, atau generator uap diletakkan dalam bangunan energi terpisah di luar untuk fasilitas primer, pemasangan jalur utilitas penghubung dalam terowongan atau ruang tertutup yang mudah diakses lain untuk menyediakan akses pemeliharaan dan pemeriksaan dan proteksi dari unsur-unsur yang sangat tidak diinginkan.
- (b) Aksesibilitas untuk jalur utama seluruh utilitas dikehendaki untuk memfasilitasi pemeriksaan dan perbaikan dari insulasi, fitting, kompensasi ekspansi termal, vent udara, dan lain-lain, serta untuk memfasilitasi penggantian yang akan datang atau ekspansi.
- (c) Aksesibilitas yang aman dan nyaman penting untuk unsur-unsur yang memerlukan pemeriksaan berkala atau layanan, termasuk katup isolasi, perangkat pengering kondensate, pompa pengering dan fan ventilasi.

(7) Menara pendingin.

- (a) Lokasi menara pendingin dan penempatannya sebaiknya ditinjau ulang. Semprotan atau pancaran dapat menjadi sumber Legionella.
- (b) Tentukan jarak terdekat masukan (intake) dari alat pengkondisian udara. Jangan menerima “angin yang terlalu kuat”, cukup beralasan jika terlalu dekat untuk dipindahkan.
- (c) Baki baja tahan karat disarankan untuk umur pakai yang panjang dan membantu menghambat pertumbuhan mikrobial.
- (d) Tinjau ulang bersama perencana pilihan layanan untuk mengganti motor
- (e) Lihat perbedaan pilihan untuk bak pemanas, termasuk kontrol untuk pemanas. Hati-hati menara pendingin tidak berjalan sepanjang tahun.

(8) Perlakuan Kimia (Chemical Treatment)

- (a) Perlakuan kimia merupakan bagian integral untuk memastikan bahwa sistem perpipaan di dalam bangunan fisik dalam kondisi internal yang baik.
- (b) Pipa yang kotor menciptakan biaya energi dan dapat menyebabkan efisiensi sistem lebih rendah dan menimbulkan ketidaknyamanan pada penghuni. Pengolahan air yang tidak benar pada sisi air kondenser dapat menyebabkan air yang berlebihan tumpah dan terbuang.

- (c) Pengurasan boiler terlalu banyak menghasilkan limbah air, sehingga program perawatan untuk boiler juga diperlukan.
- (d) Label uji ditempatkan di lokasi-lokasi strategis harus dilakukan dan diperiksa secara rutin.
- (e) Pemasukan zat kimia harus terletak di daerah yang mudah diakses dan dapat dicuci. Panci unit pengkondisian udara harus diperlakukan secara teratur dengan tablet biocida. Produk dengan wadah drum beratnya 60 lbs (28 kg), berarti untuk itu diperlukan alat menggerakkan dan mengangkatnya.

(9) Koil pendingin.

- (a) Ketebalan koil tidak boleh melebihi 6 (enam) baris untuk memudahkan pembersihan. Koil dengan fin (sirip) yang lebih halus dari 14 fin per inci semakin sulit untuk dibersihkan dengan pembersih koil. Pembersih ini biasanya diterapkan pada sisi hulu dari koil dan diizinkan untuk menembus ke dalam deretan koil.
- (b) Setelah bersih, pekerjaan selanjutnya adalah melunakkan pengapuran (scale) dan pertumbuhan biologis (lumut = algae). Pompa air bertekanan tinggi digunakan untuk pembersihan akhir.
- (c) Bila koil lebih dari 6 (enam) baris yang digunakan untuk efek dehumidifier, koil dapat dipisahkan menjadi unit 4 atau 6 baris dengan akses yang disediakan untuk muka koil baik dari hulu dan hilir. Biasanya ruang antara setebal 24 inci (610 mm) cukup memadai.

(10) Panci pengering baja tahan karat.

Panci pengering dari bahan baja tahan karat harus disediakan untuk mengoptimalkan pembersihan dan mengurangi pertumbuhan mikroba.

Untuk memastikan pengeringan panci, manajemen fasilitas harus meninjau dimensi perangkat untuk memverifikasi bahwa perangkat telah mengkompensasi pengaruh dari tekanan kipas angin.

(11) Fitur proteksi pembekuan.

- (a) Proteksi terhadap pembekuan adalah fitur yang sangat penting. Anti beku dirancang untuk melindungi peralatan pengkondisian udara dan koil dari pembekuan. Jika sistem ini tidak dirancang dan dipasang dengan benar, peralatan pengkondisian udara akan sering *trip* (mati) dan berhenti.
- (b) Gangguan trip menyebabkan kehilangan kontrol aliran udara dan juga bisa menjadi bahaya keselamatan. Banyak petugas pemelihara berupaya untuk mengimbangi situasi ini dengan meningkatkan temperatur udara suplai. Temperatur tinggi yang dihasilkan akan menyebabkan kesulitan dalam menyediakan pendinginan.

(12) Kelengkapan balansing (Balancing feature).

- (a) Untuk fasilitasi pemecahan masalah atau balansing sistem di masa depan, periksa alat ukur dan damper balansing pada semua peralatan tata udara.

- (b) Termasuk lubang untuk mengukur temperatur dan tekanan atau alat pada sambungan *inlet* dan *outlet* ke semua koil, serta katup balansing. Kelengkapan untuk mengukur aliran dan lubang ukur temperatur atau alat pada bermacam-macam lokasi pada unit pengolah udara. Lubang tekanan atau alat ukur arah hulu dan arah hilir dari fan dan lubang untuk melintasi pitot dan aliran udara harus disediakan.
- (c) Untuk fasilitas balansing ulang secara periodik atau modifikasi kedepan, *damper* balansing manual harus disediakan pada semua cabang *ducting*, dan diletakkan sejauh mungkin ke hulu dari fixture terminal (*diffuser*, *register*), sebagai cara untuk mengurangi kebisingan udara yang dihasilkan.

(13) Stasiun Sentral Unit Pengolah Udara (Air Handling Unit).

- (a) Untuk mengurangi kemungkinan pertumbuhan mikroba dalam unit insulasi, unit pengolah udara yang digunakan pada fasilitas medis harus jenis diinsulasi bagian dalam, jenis dinding ganda (*double*) dengan dinding bagian dalam tahan korosi.
- (b) Permukaan dinding bagian dalam berporasi (*berlubang-lubang*) tidak dianjurkan. Jika filtrasi akhir disediakan pada unit pengolah udara, diletakkan di hilir dari koil pendingin, ketentuan harus dibuat untuk menghindari kebasahan filter. Evaluasi yang hati-hati untuk rancangan tarikan terhadap dorongan udara yang melaluinya.

(14) Pertimbangan rancangan pekerjaan *ducting*.

Akses menuju panel untuk pemeriksaan atau perawatan peralatan yang dipasang dengan *ducting* (termasuk *damper* api, *damper* asap, dan kontrol-kontrol) dan untuk pembersihan secara periodik atau disinfeksi harus berukuran benar dan dipasang di lokasi yang mudah diakses. Kipas yang berputar harus tidak dipasang di saluran udara balik dan saluran udara buang.

(15) Damper asap dan sistem pengendalian asap.

- (a) Meskipun masalah ini mungkin menjadi bagian dari “komisioning”, penting untuk menyatakan kembali bahwa pengujian yang dilakukan untuk memastikan bahwa sistem pengendalian asap beroperasi seperti yang diinginkan.
- (b) Bagian pertama dari pengujian meliputi aspek-aspek fungsional dari sistem yang melibatkan dua area.
- (c) Pertama, sistem proteksi pasif (kelengkapan dan integritas dari konstruksi tahan api, penyetop api, pintu tahan api, dan lain-lain) harus dievaluasi.
- (d) Kemudian sub sistem harus diuji sejauh mana mereka dapat mempengaruhi operasi dari sistem pengendalian asap :
 - 1) Sistem sinyal proteksi kebakaran;
 - 2) Sistem Manajemen Bangunan.
 - 3) Peralatan listrik.
 - 4) Sistem pengendalian temperatur;

- 5) Sumber daya listrik;
 - 6) Daya listrik siaga;
 - 7) Sistem supresi otomatis;
 - 8) Pintu yang beroperasi otomatis membuka dan menutup;
 - 9) Operasi lif darurat.
- (e) Bagian kedua, pengujian serah terima adalah pengujian berorientasi pada kinerja. Bagian dari pengujian ini adalah apakah seluruh sistem telah memenuhi kinerja sistem sesuai seluruh mode yang disyaratkan.
- (f) Perhatikan bahwa ketentuan teknis model (termasuk bangunan, mekanikal dan ketentuan pencegahan kebakaran) berisi persyaratan untuk pengujian, pemeriksaan dan pemeliharaan sistem pengendalian asap.
- (g) Selain itu ANSI/NFPA 92B dan 92B berisi pedoman teknis untuk pengujian.
- (h) Setelah instalasi disetujui, kontraktor harus menyediakan salinan sertifikat yang menunjukkan bahwa sistem pengendalian asap dipasang sesuai ketentuan yang berlaku dan bahwa semua pengujian penerimaan sesuai ketentuan ANSI/NFPA 92A dan semua dokumentasi pengujian operasional diserahkan kepada pemilik.
- (i) Pengujian dan pemeliharaan berkala sangat penting untuk memastikan bahwa sistem pengendalian asap bekerja sebagaimana dimaksud dalam skenario api. Komponen termasuk perangkat menginisiasi (initiate), fan, damper, kontrol dan pintu-pintu harus diuji secara terjadwal.
- (j) ANSI/NFPA 92A merekomendasikan pengujian sistem yang terdedikasi dan sistem yang nondedikasi setiap semester pada setiap tahunnya. Standar berikut digunakan sebagai persyaratan sistem ini :
- 1) ANSI/NFPA 92A, 2000, Recommended Practice for smoke control systems, National Fire Protection Association, Quincy, MA.
 - 2) ANSI/NFPA 93B, 2000, Guide for smoke management system in Malls, Atria, and Large Area, National Fire Protection Association, Quincy, MA.

(16) Damper api/Damper Asap.

- (a) NFPA mempersyaratkan pemeliharaan damper dan inspeksi setiap lima tahun. Inspektur JCAHO akan melihat apakah instalasi damper api terpasang dengan benar, kinerja dan rekaman pemeliharannya. Mereka membutuhkan pengujian bagian dari damper apakah beroperasi dengan benar.
- (b) Operasi ini membutuhkan sambungan lebur (fusible link). Setelah sambungan (link) dilepas, pegas damper harus segera jatuh. Gerakkan kembali damper pada posisinya, biasanya agak sulit dan memerlukan dua orang.
- (c) Oleh karena itu, akses ke panel harus dipasang pada setiap sisi dari sebuah damper api. Biasanya satu orang memegang satu sisi damper dan bersama-sama mereka mendorong damper kembali ke posisi semula menggunakan kayu atau tuas serupa, kemudian sambungan lebur dipasang kembali. Ini cukup sulit dan membutuhkan tenaga kerja secara intensif.

- (d) Upaya meminimalkan jumlah damper api dan damper asap melalui proses perancangan. Tunjukkan dan lengkapi akses di kedua sisi damper bila memungkinkan. Memisahkan sambungan pada ducting yang tegak umumnya diabaikan untuk akses. Pintu akses yang memadai harus disediakan untuk saf utilitas.

(17) Pembersihan ducting bila ducting eksisting digunakan.

- (a) Sebelum memulai suatu proyek pembersihan ducting, hati-hati menyelidiki biaya dan manfaat terhadap risikonya. Konsultasikan kebersihan dan kirimkan sampel dari bahan yang menempel pada ducting ke laboratorium untuk dianalisa.
- (b) Pekerjaan pembersihan ducting dapat memberikan hasil yang beragam. Tipikal pekerjaan pembersihan jalur ducting biasanya bila mungkin diganti dan bukan dibersihkan. Insulasi luar dari ducting yang sudah ada dilakukan oleh tenaga kerja dan dalam beberapa kasus tidak mungkin tanpa memindahkan semua utilitas yang ada disekelilingnya.

(18) Pompa-pompa.

- (a) Ada beberapa konfigurasi untuk pompa: end suction, vertical split case, vertical inline, dan lain-lain. Keterbatasan ruang, biaya, tata letak ruang mekanikal, dan efisiensi pompa menentukan semua konfigurasi.
- (b) Pompa dilengkapi lubang tekanan dan katup untuk pancingan air sehingga petugas pemelihara dapat memeriksa kinerja pompa.
- (c) Lakukan pelatihan bagi petugas perawatan untuk setiap jenis pompa. Jika motor listrik penggerak pompa sangat besar (lebih dari 15 HP = 11kW) dan pompa dipasang, lengkapi balok atau sistem rel untuk memindahkan barang-barang yang berat masuk atau keluar dari ruang mekanikal.

(19) Sistem Proteksi Kebakaran.

- (a) Kecenderungan sistem terlalu besar telah mengakibatkan lebih besarnya pelepas tekanan pada pipa. Periksa secara hati-hati dan pastikan bahwa jalur tekanan telah benar-benar diperhitungkan.
- (b) Pipa bypass dengan meter aliran adalah pilihan yang baik dan menghemat sejumlah besar air untuk pengujian sistem, karena pengujian sistem di rumah sakit harus dilakukan setiap minggu.

(20) Generator Darurat.

- (a) Manajer fasilitas harus menentukan apakah fasilitas pembangkit seperti, program pembagian beban (*load sharing*) atau mengurangi kerugian akan menjadi bagian dari sistem daya darurat. Penempatan generator sangat penting tetapi umumnya ditentukan oleh permasalahan arsitektur daripada kinerja atau perhatian terhadap ventilasi.
- (b) Knalpot mesin diesel di permukaan tanah hampir selalu menjadi masalah terutama bau. Letakkan knalpot diesel di atap bila memungkinkan. *Louver* (kisi-kisi) pendingin harus ditempatkan di area bebas yang direkomendasikan oleh manufaktur.

- (c) Spesifikasi generator harus dibaca dengan hati-hati. Umumnya spesifikasi mengikuti NFPA 70, *National Electrical Code*, dan spesifikasi generator mengikuti NFPA 110, *Standard for Emergency and Standby Power Systems* diacu oleh NFPA 70 dan memiliki beberapa persyaratan yang sangat spesifik untuk konstruksi generator darurat dan pengoperasiannya (NFPA 2002A, 2003). Tinjau ulang dokumen-dokumen ini dengan hati-hati dan sesuaikan spesifikasinya bila diperlukan.

(21) Rencana pemulihan dari keadaan darurat.

- (a) Tentukan apakah fasilitas perawatan kesehatan dapat melaksanakan seluruh operasi dengan menggunakan daya darurat.
- (b) Hal ini tidak jarang menemukan bahwa penyimpanan bahan bakar tidak cukup untuk menjalankan kebutuhan daya bangunan untuk periode yang lebih panjang.
- (c) Manajer pemeliharaan harus hati-hati meninjau persyaratan fasilitas dan ketentuan untuk pengoperasiannya.

(22) Intake udara luar.

- (a) Lokasi yang tidak tepat kisi-kisi (louver) udara luar di dekat sumber kontaminasi dapat menyebabkan masalah kualitas udara dalam ruang.
- (b) Jangan biarkan arsitek untuk menempatkan kisi-kisi udara segar di dekat dok bongkar muat. Demikian pula, jangan biarkan arsitek menempatkan kisi-kisi udara segar di dekat diesel generator. Gas buang diesel terdeteksi oleh manusia dalam konsentrasi rendah 6 ppm .
- (c) Pompa vakum medik banyak digunakan. Tentukan lokasi aman untuk pelepasan dari vakum medik yang biasanya selalu diabaikan.

(23) Pompa air domestik.

Harus hati-hati di evaluasi penggunaan penggerak dengan kecepatan variabel (variable speed drive) untuk pompa air domestik, terutama jika sistem tidak bisa merespon dengan baik perubahan yang cepat dari kebutuhan air bangunan.

(24) Pemanas air.

- (a) Kualitas unit pemanas air terbuat dari baja tahan karat yang dilapisi bahan tahan panas dengan lapisan kaca yang efisien.
- (b) Alat ukur temperatur dan tekanan harus dipasang pada inlet dan outlet dari unit pemanas air. Aliran air harus benar dan seimbang. Ventilasi harus menjadi perhatian pada unit yang menggunakan bahan bakar gas. Unit yang berbahan bakar gas harus tidak berada satu ruang dengan peralatan refrigerasi.

(25) Redudansi.

- (a) Beberapa layanan listrik dan sistem tata udara di rumah sakit direkomendasikan menggunakan 100% redudansi.
- (b) Pada saat yang sama, ruang untuk pengembangan kedepan diperlukan karena perkembangan tidak dapat dihindari.

- (c) Sebagai contoh dimana redundansi dalam sistem mekanikal dilakukan pada penggunaan sistem sistem perpipaan melingkar (loop). Dua jalur distribusi di dalam bangunan memungkinkan lebih banyak pilihan dalam kondisi darurat.
- (d) Sistem melingkar (loop) dapat digunakan secara efektif untuk gas dan cairan. Perlu diperiksa persyaratan yang berlaku dan juga biayanya.

(26) Katup-katup.

- (a) Jumlah katup tidak pernah cukup. Marilah kita lihat pernyataan yang mengatakan bahwa katup jarang di tempatkan di lokasi yang tepat untuk mengisolasi peralatan untuk kebutuhan pemeliharaan.
- (b) Katup lebih murah dibandingkan dengan penggantinya. Katup stop darurat (atau penutup jalur darurat) biasanya lebih mahal 100 kali daripada katup di lokasi yang sama. Hal ini tipikal untuk menyediakan sebuah katup antara setiap bagian dari peralatan pada loop atau header tetapi hampir tidak pernah pada header.

(27) Penggantian Filter.

- (a) Persyaratan filter untuk fasilitas medis bukan merupakan konsep baru.
- (b) Peryaratan yang pertama dibuat pada tahun 1947 di bawah undang-undang Hill-Burton. Setelah 50 tahun lebih sejak itu, persyaratan telah dimodifikasi sesuai teknologi saat ini untuk filtrasi dan pengendalian pencemaran mikroba.
- (c) *Guidelines for the Design and Construction of Hospitals and Health Care Facilities* (AIA 2001) menerbitkan persyaratan untuk tingkat minimum efisiensi filtrasi udara.

Persyaratakan juga mendefinisikan filtrasi oleh area dan catatan tambahan seperti pertukaran udara yang dibutuhkan per jam, temperatur yang direkomendasikan, kelembaban relatif yang dianjurkan dan tekanan relatif ruang terhadap seluruh fasilitas.

- (d) Sistem tata udara untuk fasilitas medis yang tidak umum direkomendasikan menggunakan 2 buah filter, salah satu ditempatkan di hulu dari koil dan lainnya di kelompok hilir pada akhir dari koil.
- (e) Standar tata udara meletakkan keduanya pada hulu koil.
- (f) Dalam ruang transplantasi ortopedi, transplantasi sumsum tulang belakang dan organ dan ruang pemulihan, tahap penyaringan tambahan HEPA dianjurkan pada outlet udara. Filter HEPA juga direkomendasikan untuk ruang isolasi TB dimana resirkulasi digunakan untuk mempertahankan persyaratan pergantian udara yang tinggi atau dimana 100% di buang keluar tidak mungkin.
- (g) Filter kaku lebih disukai di rumah sakit.
- (h) Apabila kantong filter runtuh selama pemeliharaan normal alat pengolah udara, partikel debu pada permukaan luar dari media filter dilepaskan ke aliran udara. Filter kaku secara alamiah tidak mempunyai masalah ini. Biasanya filter arang digunakan untuk mengendalikan bau dari sumber eksternal seperti knalpot diesel. Arang aktif juga dapat digunakan untuk mengendalikan bau dalam sistem pasokan udara dimana diperlukan dalam fasilitas perawatan medis.

- (i) Efisiensi terdaftar sebagai efisien debu setempat karena dinilai di bawah standar ASHRAE 52, 1-992. Sebagai standar ASHRAE 52.2 (yang berkaitan dengan pengujian filter berdasarkan pada ukuran partikel dibandingkan efisiensi) menjadi metodologi umum, filter untuk aplikasi khusus akan memiliki nilai peringkat efisiensi minimum (MERVs) dari MERV 7 sebelum koil dan MERV 14 sebagai akhir atau filter sekunder.
- (j) Selain itu, pedoman AIA merekomendasikan lokasi inlet udara dan outlet udara yang disyaratkan.
- (k) Inlet udara luar harus diletakkan sejauh mungkin di atas tanah – pada ketinggian minimum 6 ft (1,8 m). Ketinggian inlet di atas atap sekurang-kurangnya 3 ft (0,9 m) di atas atap.
- (l) Inlet udara dari luar juga harus sekurang-kurangnya 25 ft (7,6 m) dari knalpot atau peralatan pembakaran (venting). Suplai udara ke ruangan harus diletakkan pada atau dekat ketinggian langit-langit.

(28) Pertimbangan Pemeliharaan.

(a) Unit pengolah udara.

- 1) Frekuensi penggantian filter adalah fungsi biaya penggantian filter, kurva fan pengkondisian udara, biaya listrik lokal, biaya tenaga kerja, dan tekanan statik terminal dari filter yang digunakan.
- 2) Seiring dengan peningkatan tekanan statik, biaya menjalankan unit fan juga meningkat. Biaya harus diukur terhadap biaya tenaga kerja dan biaya material penggantian filter. Beban optimal untuk jenis filter tertentu tersedia dari manufaktur filter.

(b) HEPA.

- 1) Membuka kantong dan menutup kantong rumah filter dan filter harus dilakukan oleh teknisi yang terlatih dan bersertifikat dalam pengendalian infeksi dan teknik membuka dan menutup rumah filter dan sekat yang digunakan.
- 2) Manajer pemeliharaan harus mengetahui ukuran filter selama proses konstruksi. Hal ini tercakup dalam kontrak tentang spesifikasi filter dalam kondisi umum mekanikal, tetapi sering terlewatkan. Pemilihan filter juga dapat dipengaruhi oleh pembicaraan langsung dengan kontraktor mekanikal yang menawarkan pada proyek ini.

5.6.2 Serah terima proyek konstruksi.

5.6.2.1 Konstruksi jalur cepat tampaknya menjadi norma dan bukan pengecualian, dalam dunia konstruksi saat ini, bagian pemeliharaan lebih sering diminta untuk menerima proyek yang belum selesai sebelum pengguna mulai bergerak masuk.

5.6.2.2 Kadang-kadang terjadi kebingungan mengenai tanggal dimana pemilik sebenarnya mengambil alih kepemilikan gedung, kapan perawatan dimulai dan kapan periode garansi yang diberikan kontraktor berakhir.

5.6.2.3 Jika keputusan untuk awal bangunan dibuat, pemilik harus meninjau konsekuensi dan pengaturan kontrak dengan kontraktor dan mendengarkan masukan-masukan dari tim perencana.

5.6.2.4 Proyek bertahap sangat sulit untuk diselesaikan. Sebuah kontrak harus menguraikan secara jelas apa yang akan diselesaikan pada akhir setiap tahap.

5.6.2.5 Proyek bertahap dapat berjalan selama bertahun-tahun, sehingga perlu gambar-gambar telah terpasang (as built drawing), manual operasi dan pemeliharaan, dan bahan cadangan untuk setiap tahapan disampaikan kepada pemilik sebagai penyelesaian dari masing-masing tahapan.

5.6.2.6 Akhirnya dengan mempertahankan kepentingan perusahaan dalam membangun akan meningkatkan kepercayaan pemilik, antara lain dengan melakukan inspeksi perdagangan, saran operasional, pemeriksaan peralatan dan bahan yang dibeli untuk proyek.

5.7 Pertimbangan Pemeliharaan Khusus untuk sistem Tata Udara/Peralatan.

Deskripsi berikut diberikan sebagai pertimbangan pemeliharaan khusus untuk peralatan perawatan kesehatan dan sistem.

5.7.1 Unit Fan Koil.

5.7.1.1 Setiap unit fan koil dengan suatu koil pendingin mempunyai nampan pengering (drain pan) yang dapat menjadi reservoir untuk pertumbuhan mikrobial.

5.7.1.2 Inspeksi periodik dari nampan kondensat penting untuk mencegah berhentinya aliran dan dapat menyebabkan bahan disekitarnya menjadi basah, dengan demikian menciptakan tambahan luas untuk amplikasi mikrobial.

Karena unit ini secara tipikal diletakkan didalam ruangan yang dilayani, petugas pemeliharaan membutuhkan akses untuk area yang dihuni.

5.7.2 Radiasi tabung fin dan unit konveksi.

Unit ini juga membutuhkan pembersihan yang sering untuk meminimalkan pengumpulan debu dan puing-puing. Peralatan ini juga membutuhkan akses untuk area yang dihuni.

5.7.3 Daya listrik Terminal Fan Unit.

Daya listrik terminal unit membutuhkan inspeksi dan pemeliharaan. Akses ke filter dibutuhkan. Unit ini mempunyai fan motor dan fan yang mungkin membutuhkan penggantian. Ventilasi udara terpisah dan masukan udara primer mungkin disediakan dan sebaiknya secara periodik diperiksa.

5.7.4 Sistem Udara sekunder.

Suatu contoh dari tipe sistem ini adalah sistem aliran laminer dalam kamar operasi orthopedik atau unit resirkulasi filter HEPA untuk unit transplantasi sumsum tulang. Ini dapat disediakan dengan filter yang membutuhkan penggantian, seperti sebuah motor yang mungkin membutuhkan service periodik atau penggantian.

5.8 Komisioning Bangunan.

5.8.1 Komisioning adalah proses yang difokuskan pada kualitas yang dicapai, pengesahan dan mendokumentasikan bahwa fasilitas yang direncanakan, dirancang, dipasang, diuji dan mampu dioperasikan dan dipelihara untuk melakukan sesuatu sesuai dengan maksud perancangan.

5.8.2 Proses komisioning meluas melalui semua tahapan dari suatu proyek yang baru atau renovasi ke hunian dan pengoperasian, dan telah diperiksa pada setiap tahap proses untuk menjamin keabsahan kinerja untuk memenuhi persyaratan rancangan dari pemilik.

5.8.3 Sasaran mendasar dari proses komisioning adalah :

- (1) Untuk membuktikan dan menyusun dokumen dokumentasi yang menyatakan bahwa kinerja fasilitas dan sistem telah memenuhi syarat seperti yang diminta pemilik.
- (2) Untuk meningkatkan komunikasi dengan mendokumentasikan informasi dan keputusan seluruh tahapan proyek.
- (3) Untuk membuktikan dan melaporkan bahwa kinerja sistem di dalam bangunan telah memenuhi maksud perancangan.

5.8.4 Partisipasi aktif dan berkelanjutan petugas pemeliharaan dan operasi dalam proses komisioning sangat penting untuk keberhasilannya.

5.9 Perancangan Modal Investasi.

5.9.1 Bagian pemeliharaan bertanggung jawab untuk penyusunan anggaran kegiatan peningkatan infrastruktur fasilitas. Perhatian harus dibayar untuk mengakses kebutuhan fasilitas untuk perkembangan di masa depan seperti yang disajikan dalam anggaran modal.

5.9.2 Bagian pemeliharaan juga meminta dana untuk memperbaiki dan/atau mengganti barang-barang mekanik dan listrik yang harus diganti secara teratur.

5.9.3 Memahami kebutuhan komunitas medis ketika meningkatkan sistem atau peralatan.

5.9.4 Misalnya penggantian pada unit transplantasi tulang belakang memerlukan pasien dipindahkan ke area lain dan mengembalikannya lagi.

5.9.5 Ini jenis biaya sekunder yang sering diabaikan, tetapi mereka harus disertakan pada saat penganggaran.

BAB VI

PENUTUP

- (1) Pedoman Teknis ini diharapkan dapat digunakan sebagai rujukan oleh pengelola rumah sakit, penyedia jasa konstruksi, Dinas Kesehatan Daerah, dan instansi yang terkait dengan pengaturan dan pengendalian penyelenggaraan pembangunan rumah sakit dalam prasarana sistem tata udara, guna menjamin kesehatan dan kenyamanan rumah sakit dan lingkungannya.
- (2) Ketentuan-ketentuan yang lebih spesifik atau yang bersifat alternatif serta penyesuaian pedoman teknis prasarana sistem tata udara oleh masing-masing daerah disesuaikan dengan kondisi dan kesiapan kelembagaan di daerah.
- (3) Sebagai pedoman/petunjuk pelengkap dapat digunakan Standar Nasional Indonesia (SNI) terkait lainnya.

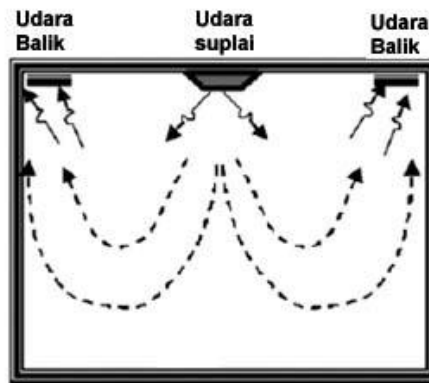
LAMPIRAN

LAMPIRAN - 1

PERGERAKAN UDARA DAN PERBEDAAN TEKANAN

L1.1 Pergerakan Udara (*air movement*).

L1.1.1. Pergerakan udara harus diusahakan untuk meminimalkan sumber penyakit agar tidak menyebar ke udara (*airborne*) yang memperbesar kemungkinan terjadinya penularan diantara pasien, tenaga medis dan pengunjung.



Gambar L1.1.1 - Pergerakan udara

Gambar L1.1.1 menunjukkan pergerakan udara yang memungkinkan mikroorganisme menyebar ke udara dan dapat menimbulkan penularan dari pasien ke petugas medis dan pengunjung. Kondisi ini masih dapat digunakan untuk ruang rawat inap dan perawatan intensif.

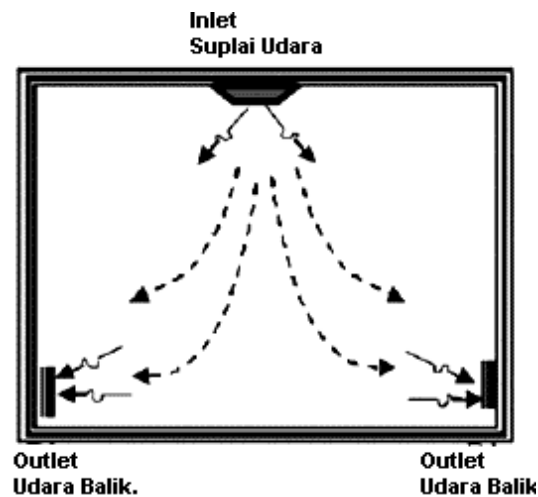
L1.1.2 Pergerakan udara direncanakan seteliti mungkin dimana kecepatan udara harus serendah mungkin dengan arah aliran udara yang tepat seperti yang ditunjukkan pada gambar L1.1.2a dan L1.1.2b.

L1.1.3 Letak outlet dari suplai udara, inlet untuk udara balik atau udara buang menjadi sangat menentukan dalam menghasilkan pola aliran udara (*air flow pattern*) untuk menghindarkan mikroorganisme yang menyebar (*airborne microorganism*).

Seperti pada ruang bedah, aliran udara sejajar dengan arah ke bawah (*laminair unidirectional*) dengan kecepatan keluar dari HEPA filter $0.45 \text{ m/s} \pm 0.1 \text{ m/s}$ (*meter per detik*) dapat menghindarkan mikroorganisme yang menyebar serta membahayakan karena adanya bukaan pada tubuh pasien saat pembedahan.

L1.1.4 Gambar L1.1.2a menunjukkan posisi pasokan udara di langit-langit dan udara balik pada bagian bawah dinding menciptakan aliran udara kotor langsung ke outlet udara balik. Kondisi semacam ini dapat mengurangi mikroorganisme yang menyebar.

L1.1.5 Gambar L1.1.2b menunjukkan aliran udara laminar yang umumnya digunakan pada kamar bedah. Kecepatan udara keluar dari HEPA filter ($0.45 \text{ m/dt} \pm 0.1 \text{ m/dt}$)



Gambar L1.1.2a - Mengurangi mikroorganismes yang menyebar

Outlet udara balik Outlet udara balik

Gambar L1.1.2b - Aliran laminar, membatasi kontaminasi mikroorganismes yang menyebar

L1.2. Tekanan Antar Ruang.

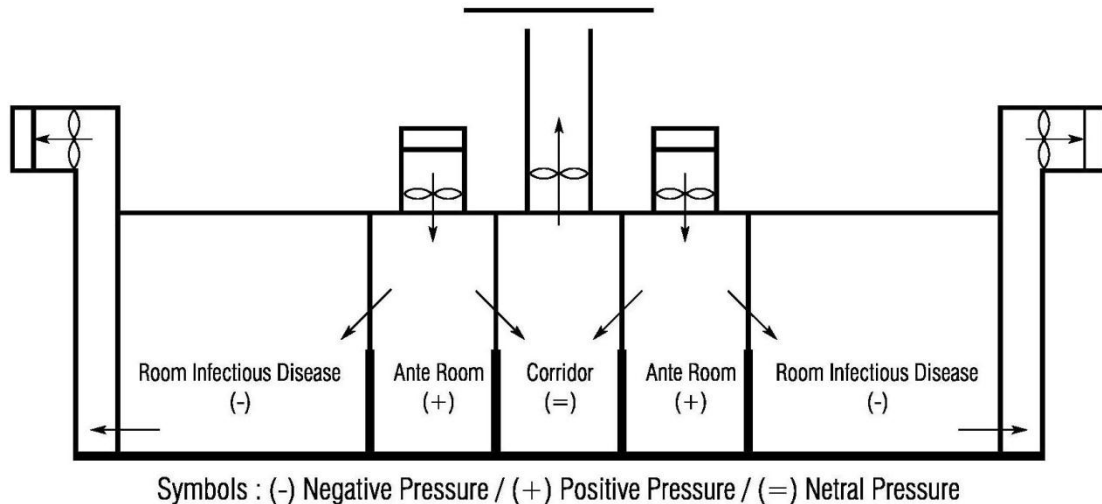
Tabel L1.2.1 – Contoh gerakan udara dan presurisasi

Ukuran pintu	41,2 m x 1,8 m			2,1 m x 2,4 m			Kedua pintu		
	30% terbuka	60% terbuka	100% terbuka	30% terbuka	60% terbuka	100% terbuka	30% terbuka	60% terbuka	100% terbuka
Luas bukaan (m ²)	0,67	1,33	2,22	1,53	3,11	5,18	2,22	4,26	4,63
Tekanan statik (inch.W.G)	15,625	15,625	15,625	15,625	15,625	15,625	15,625	15,625	15,625
Q (CFM)	7344	14688	24480	17136	34272	57120	24480	48960	81600
1/16" kolom air = 0,0625									
Ukuran pintu	4 ft x 6 ft			7 ft x 8 ft			Kedua pintu		
	30% terbuka	60% terbuka	100% terbuka	30% terbuka	60% terbuka	100% terbuka	30% terbuka	60% terbuka	100% terbuka
Luas bukaan (ft ²)	7,2	14,4	24	16,5	33,6	56	24	46	50
Tekanan statik (inch.W.G)	0,0625	0,0625	0,0625	0,0625	0,0625	0,0625	0,0625	0,0625	0,0625
Q (CFM)	4320	8640	14400	10080	20160	33600	14400	28800	48000
1/16" kolom air = 0,0625									

L1.2.1 Perbedaan tekanan antar ruang fungsi tertentu dengan ruang disebelahnya harus direncanakan dengan benar untuk menghindari adanya migrasi dari sumber penyakit atau bahan-bahan berbahaya yang dapat dihirup oleh pengunjung rumah sakit lainnya, mencegah infiltrasi udara yang kurang bersih ke dalam ruangan yang lebih bersih, sehingga diusahakan ruangan lebih bersih, tekanan udaranya juga lebih tinggi dibandingkan dengan ruangan kurang bersih.

Tabel L1.2.1 dan gambar L1.2.1 menunjukkan contoh gerakan udara dan presurisasi dari ruangan-ruangan yang bersebelahan.

Pada gambar L2.1.1 dan tabel L2.1.1 menunjukkan gerakan udara dan presurisasi



Gambar L1.2.1 – Perbedaan tekanan udara antara ruangan dengan ruangan sebelahnya.

L1.2.2 Tekanan positif diruang tertentu direncanakan agar sumber penyakit dari luar ruangan tidak masuk/infiltrasi ke dalam ruangan tersebut yang di dalamnya terdapat pasien dalam keadaan darurat, atau dengan luka terbuka.

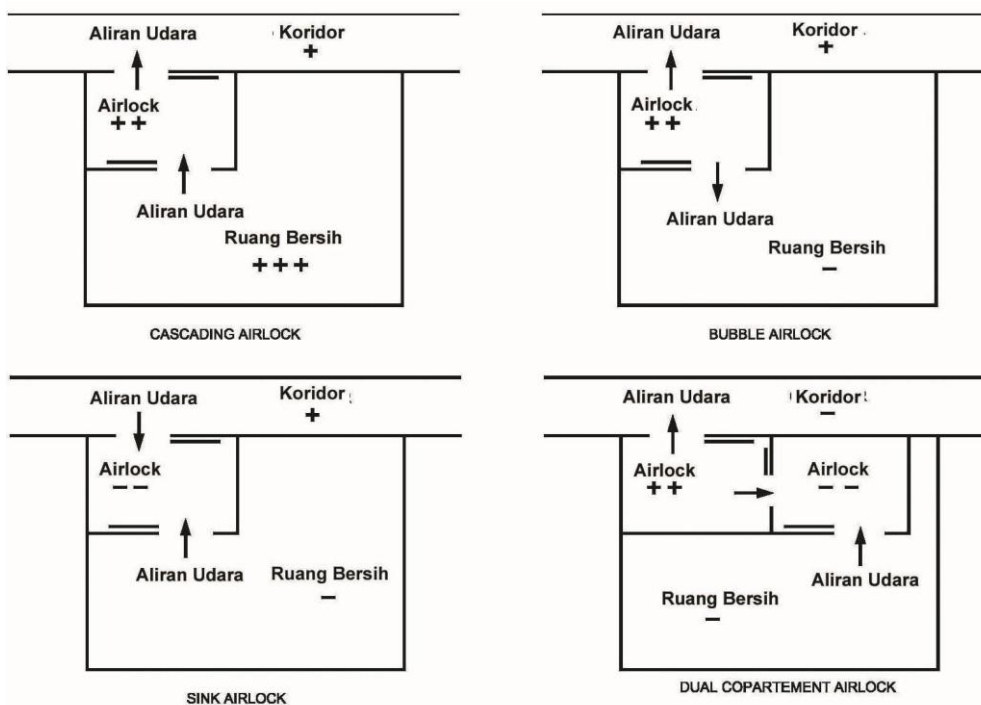
L1.2.3. Ruang dengan tekanan negatif diperlukan agar pasien yang mempunyai penyakit menular dan berbahaya tidak membahayakan pengunjung dan pasien yang lain.

L1.3. Kunci Udara (*Air Lock*).

L1.3.1. Untuk ruang *air lock* dan penggunaannya dapat dilihat digambar L1.3.1 dan tabel L1.3.1.

Tabel L1.3.1 - Contoh penggunaan Air Lock.

Jenis ruang bersih	Pemilihan airlock	Fungsi airlock	Hubungan tekanan relatif
<ul style="list-style-type: none"> • Tekanan positif • Tanpa asap dan zat bio • Tanpa dibutuhkan penghalang / penahanan 	Cascading	<ul style="list-style-type: none"> • Mencegah ruang bersih terkontaminasi dari udara luar yang kotor • Mencegah udara bersih terkontaminasi dari ruang sekelilingnya melalui retakan 	Ruang bersih + + + Airlock + + Koridor +
<ul style="list-style-type: none"> • Tekanan negatif • Ada kontaminasi dari asap dan zat bio • Dibutuhkan penghalang/penahan 	Bubble	<ul style="list-style-type: none"> • Mencegah ruang bersih terkontaminasi dari udara kotor koridor • Mencegah ruang bersih melepas asap atau zat bio ke koridor 	Ruang bersih – Airlock + + Koridor +
<ul style="list-style-type: none"> • Tekanan negatif • Ada kontaminasi dari asap dan zat bio • Dibutuhkan penghalang/penahan 	Sink	<ul style="list-style-type: none"> • Mencegah ruang bersih terkontaminasi udara kotor koridor • Mengizinkan asap atau zat bio ruang bersih lepas ke air lock. Tidak ada peralatan proteksi petugas yang dibutuhkan 	Ruang bersih – Airlock – – Koridor +
<ul style="list-style-type: none"> • Tekanan negatif • Ada asap beracun atau zat bio yang berbahaya atau mempunyai potensi gabungan unsur • Dibutuhkan penghalang/penahan • Proteksi petugas dibutuhkan 	(Dual Compartment) Kompartemen ganda	<ul style="list-style-type: none"> • Mencegah ruang bersih terkontaminasi dari udara kotor koridor • Mencegah asap udara bersih atau zat bio lepas ke koridor • Proteksi peralatan yang digunakan petugas (seperti peralatan presurisasi dan respiratur bila disyaratkan) 	Udara bersih – Airlock negatif – – Airlock positif + + Koridor –



Gambar L1.3.1- Jenis-jenis dari Air Lock.

LAMPIRAN – 2

PENGUKURAN, PENGUJIAN, PENGOPERASIAN DAN PEMELIHARAAN SISTEM TATA UDARA

L2.1. Pengukuran

L2.1.1. Tidak semua Rumah Sakit yang telah berdiri sebelum standar ini diberlakukan telah direncanakan dengan pertimbangan akan dilakukan pengukuran pemakaian energi di kemudian hari. Oleh karena itu, pengukuran energi dan pengukuran beban pendingin perlu dilakukan dengan tidak mengorbankan ketelitian dan kebenaran prinsip pengukuran.

L2.1.2. Berikut ini adalah petunjuk untuk sistem tata udara yang umum digunakan pada gedung:

- (1) Pengukuran untuk menghitung COP dilakukan pada mesin refrigerasi. Untuk mesin refrigerasi yang evaporatornya menghasilkan air sejuk (chilled water), dilakukan pengukuran kapasitas pendingin pada sisi air sejuk. Sedang untuk mesin refrigerasi yang evaporatornya menghasilkan udara sejuk dilakukan pada sisi udara. Daya listrik yang dipakai mesin refrigerasi untuk perhitungan COP adalah daya kompresor saja.
- (2) Perhitungan untuk mengevaluasi sistem tata udara keseluruhan meliputi pengukuran kapasitas pendingin pada evaporator, pengukuran seluruh daya listrik yang diperlukan untuk menyelenggarakan kenyamanan dalam gedung tersebut.
- (3) Dalam beberapa kondisi dapat dilakukan pengukuran tidak langsung. Misalnya apabila sistem tata udara atau peralatannya relatif masih baru, diharapkan peralatan tersebut masih bekerja sesuai dengan karakteristik yang dijamin pabriknya. Dengan demikian misalnya pada pompa air dapat diukur beda tekanan sisi masuk dan keluar pompa, diukur kecepatan putarnya, dan kemudian membaca besarnya laju aliran air pada kurva karakteristik yang diterbitkan oleh pabrik pompa tersebut. Prinsip yang sama dapat dilakukan pula kepada fan yang karakteristiknya diketahui dari pabrik pembuatnya dan kondisinya relatif masih baru, sehingga dapat dianggap masih beroperasi mengikuti kurva karakteristik tersebut.
- (4). Seluruh analisa energi bertumpu pada hasil pengukuran, sehingga semua hasil pengukuran harus dapat diandalkan dan mempunyai kesalahan (*error*) yang masih dapat diterima. Oleh karena itu penting untuk menjamin bahwa alat ukur yang digunakan dapat diandalkan dan telah dikalibrasi dalam batas waktu sesuai ketentuan yang berlaku. Kalibrasi harus dilakukan oleh pihak yang diberi wewenang hukum untuk itu.

L2.2. Pengujian

L2.2.1. Prosedur pengukuran berbagai besaran harus mengikuti ketentuan yang relevan terutama dalam SNI 05-3052-1992 “Cara Uji Unit Pengkondisian Udara”, khususnya mengenai pengukuran temperatur, kecepatan aliran udara dalam duct, laju aliran air sejuk dalam pipa.

L2.2.2. Pengujian efisiensi dapat dilakukan pada sesuatu sub sistem atau sesuatu peralatan dalam sistem tata udara, untuk memeriksa apakah sub sistem atau peralatan tersebut masih bekerja dengan efisiensi yang dijamin pabrik. Kalau hasil pengujian menunjukkan effisiensinya telah berkurang cukup besar, perlu diperiksa untuk mencari kemungkinan perbaikan atau modifikasi agar dapat diperoleh efisiensi yang lebih baik.

L2.3. Pengoperasian

L2.3.1. Mesin refrigerasi

- (1) Jangka waktu operasi mesin refrigerasi dapat dikurangi, misalnya dengan memanfaatkan besarnya masa air sejuk yang berfungsi sebagai semacam penyimpanan energi dingin.
- (2) Selain jangka waktu beban parsial perlu dicari kombinasi operasi unit jamak (multiple units) yang akan menuntut masukan energi yang paling rendah (multi chiller, atau multi compressor pada satu chiller).
- (3) Dengan memperhatikan karakteristik pompa distribusi air sejuk, dicari setting laju aliran air keluar chiller minimum yang masih diijinkan sesuai ketentuan pabrik pembuat chiller, sekaligus dengan memperhatikan rentang kenaikan suhu dalam chiller.

L2.3.2 Sistem distribusi udara dan air sejuk

- (1) Pada sistem tata udara dengan air sejuk, perlu dicari upaya agar laju aliran air sejuk minimal, kalau pompa distribusi air sejuk menunjukkan karakteristik daya masukan rendah pada laju aliran air rendah.
- (2) Secara umum. infiltrasi udara luar perlu dicegah karena akan sulit mengendalikan kondisi ruang sesuai yang direncanakan.

L2.3.3 Beban pendingin

- (1) Menaikkan setting temperatur ruang sampai batas maksimum yang masih berada di dalam zona nyaman (*comfort zone*).
- (2) Berdasarkan rekaman pemakaian energi dicari jam pengoperasian AHU dan FCU yang paling hemat energi.
- (3) Beban dalam ruangan yang dapat dimatikan tanpa mengganggu fungsi ruangan merupakan salah satu peluang penghematan energi yang paling mudah, misalnya mematikan lampu pada zona eksterior siang hari jika pencahayaan alami sudah cukup memadai.

L2.4. Pemeliharaan.

L2.4.1. Umum

L2.4.1.1 Pemeliharaan Sistem Tata Udara yang dimaksud adalah kegiatan yang berkaitan dengan upaya untuk mempertahankan kinerja mesin berikut komponennya agar dapat beroperasi secara aman dan tidak mengganggu keselamatan kerja dan kenyamanan penghuni gedung.

L2.4.1.2 Pelaksanaan pekerjaan pemeliharaan yang terencana dan terjadwal dapat mengurangi kerusakan mesin serta dapat mempertahankan umur mesin sesuai dengan ketentuan pabrik.

L2.4.1.3 Sebelum pelaksanaan kegiatan pemeliharaan, diperlukan informasi lengkap tentang

- (1) Gambar sistem Tata Udara lengkap dengan data-data teknis, petunjuk operasi mesin dan petunjuk pemeliharaan yang dikeluarkan oleh pabrik pembuat mesin pendingin.
- (2) Dokumen sejarah operasi mesin dan komponennya yang berisi keterangan tentang
- (3) Data operasi mesin.
- (4) Jenis kerusakan dan penggantian komponen yang pernah dilakukan sebelumnya serta penyebab kerusakan yang dialami.
- (5) Catatan kebutuhan daya listrik yang dikonsumsi mesin.

L2.4.2. Pemeliharaan rutin.

Kegiatan pemeliharaan rutin mencakup:

- (1) Pembersihan/pencucian/penggantian filter udara di Air Handling Unit (AHU) dan atau Fan Coil Unit (FCU) di tiap lantai.
- (2) Pembersih/pencucian cooling coil di Air Handling Unit dan atau Fan Coil Unit di tiap lantai
- (3) Pembersihan/pencucian finned tube air cooled condenser.
- (4) Pembersihan dan pelumasan bearing semua motor listrik
- (5) Pemeriksaan dan pengencangan V-belt motor fan AHU/FCU
- (6) Pemeriksaan dan pengencangan baut-baut terutama pada tempat-tempat yang menimbulkan getaran, misalnya condensing unit, dudukan AHU/FCU, Tata Udara, Exhaust Fan dsb.
- (7) Pembersihan komponen-komponen listrik didalam panel control.
- (8) Pemeriksaan, penambahan/penggantian oli kompressor.
- (9) Pemeriksaan/penambahan refrijeran.
- (10) Pemeriksaan dan penggantian silica gel filter drier.
- (11) Pemeriksaan fungsi alat ukur meliputi :
 - (a) thermometer, pressure gage pada chiller water system
 - (b) pressure pada instalasi pipa refrijeran
 - (c) thermostat, hygrometer didalam ruangan.
- (12) Pemeriksaan alat ukur tegangan, ampere pada panel listrik
- (13) Pemeriksaan fungsi peralatan elektronik pada mesin pendingin.
- (14) Pemeriksaan fungsi pompa chiller water.

L2.4.3. Pemeliharaan harian dan mingguan.

Pemeriksaan harian dan mingguan dilakukan terhadap alat-alat kontrol di ruangan yang dikondisikan dan pengamatan terhadap elemen-elemennya.

- (1) Pemeriksaan/perbaikan terhadap gangguan-gangguan secara menyeluruh pada sistem operasi.
- (2) Pemeriksaan/penggantian komponen-komponen terutama fuse/pemutus arus.
- (3) Pemeriksaan/perbaikan set point alat-alat kendali, dan indicator yang penting.
- (4) Pemeriksaan/perbaikan/penggantian instalasi pengkabelan pada instalasi sistem kendali
- (5) Pemeriksaan/perbaikan kebocoran-kebocoran pada instalasi pipa refrijeran dan air dingin.

L2.4.4. Pemeliharaan Bulanan

Kegiatan pemeliharaan yang bertitik berat pada peralatan mekanikal :

L2.4.4.1 Bearing

- (1) Periksa temperatur dan kebisingan yang timbul.
- (2) Pada saat mulai dioperasikan temperatur bearing akan naik akibat gesekan, namun beberapa saat kemudian akan kembali normal.
- (3) Pemeriksaan/pelumasan/penggantian bearing.

L2.4.4.2 Motor

- (1) Pemeriksaan/perbaikan yang menimbulkan kebisingan
- (2) Pemeriksaan/perbaikan terhadap arus listrik yang tidak sesuai dengan data name plate atau dari brosur.
- (3) Pemeriksaan/perbaikan coupling
- (4) Pemeriksaan/perbaikan/penggantian tahanan kumparan kawat stator pada motor

L2.4.4.3 V-belt

- (1) Periksa tegangan belt
- (2) Periksa/atur kelurusan pulley

L2.4.4.4 Pompa

- (1) Pemeriksaan/perbaikan yang menimbulkan kebisingan
- (2) Pemeriksaan/perbaikan terhadap arus listrik yang tidak sesuai dengan data name Plate atau dari brosur
- (3) Pemeriksaan/perbaikan coupling dan lubang-lubang tangkai motor dengan pompa
- (4) Pemeriksaan/perbaikan kebocoran

- (5) Pemeriksaan/pembersihan kotoran yang terbawa oleh air dan mengendap di rumah pompa
- (6) Pemeriksaan/pembersihan karat
- (7) Pemeriksaan/pembersihan tangkai katup sisi hisap dan sisi tekan
- (8) Pemeriksaan/perbaikan sebagai akibat tidak normalnya kapasitas pompa, misalnya tekanan dan kecepatan air berkurang.

L2.4.4.5. Filter udara

Pemeriksaan/pencucian/penggantian, jika beda tekanan di AHU terlalu tinggi.

L2.4.5. Pemeliharaan Periode 4 s/d 6 bulan

Pemeliharaan pada periode ini yang diutamakan mencakup pengecekan terhadap pelumasan, pembersihan dan pemeriksaan fungsi-fungsi dari seluruh komponen/peralatan yang terpasang misalnya fungsi dari:

- (1) Ventilasi :
AHU, Cooling, Dehumidification, Sound Attenuation, Louver Flaps
- (2) Mesin refrigerasi
Condensing Unit, Evaporator, Accessory Equipment, Heat Recovery, Crankcase Heater, Piping.
- (3) Sistem Kendali :
Switching Circuit, Indicator, Safety Equipment,
- (4) Fungsi Dari : Ventilasi and Control, Refrigeration, Condensing Unit, Chilled Water System.

L2.4.6. Pemeliharaan Tahunan.

L2.4.6.1 Alat-alat kendali dan regulator :

- (1) Pemeriksaan/penyesuaian set point pada alat-alat kontrol.
 - (a) Pemeriksaan/penyesuaian ketepatan indicator pada instrument control
 - (b) Pemeriksaan interaksi dari masing-masing gerakan alat-alat kendali.
 - (c) Pemeriksaa/pembersihan/penggantian overload relay dan fuse-fuse pada panel control
- (2) Inlet/outlet air :
Pemeriksaan/perbaikan/penyetelan grille/diffuser tiap titik lokasi

L2.4.6.2 Pemeliharaan Kompresor.

- (1) Pemeriksaan/perbaikan/penggantian control system atau komponen yang menyebabkan kompresor tidak berfungsi.
- (2) Pemeriksaan/perbaikan/penggantian accessory equipment dari refrigeration system (on-off kompresor terlalu cepat)

- (3) Pemeriksaan/perbaikan/penggantian accessory equipment yang menyebabkan pembekuan pada suction line.
- (4) Pemeriksaan/perbaikan/penggantian accessory equipment yang menyebabkan liquid line dingin
- (5) Pemeriksaan/perbaikan yang menyebabkan berkurangnya oli kompresor

L2.4.6.3 Pemeliharaan Umum.

- (1) Isolasi duct
- (2) Isolasi pipa chilled water
- (3) Flexible duct
- (4) Vibration damper
- (5) Perlindungan anti karat

Tabel - L2.
DAFTAR SIMAK
PERAWATAN RUTIN MESIN-MESIN TATA UDARA
(TIPIKAL)

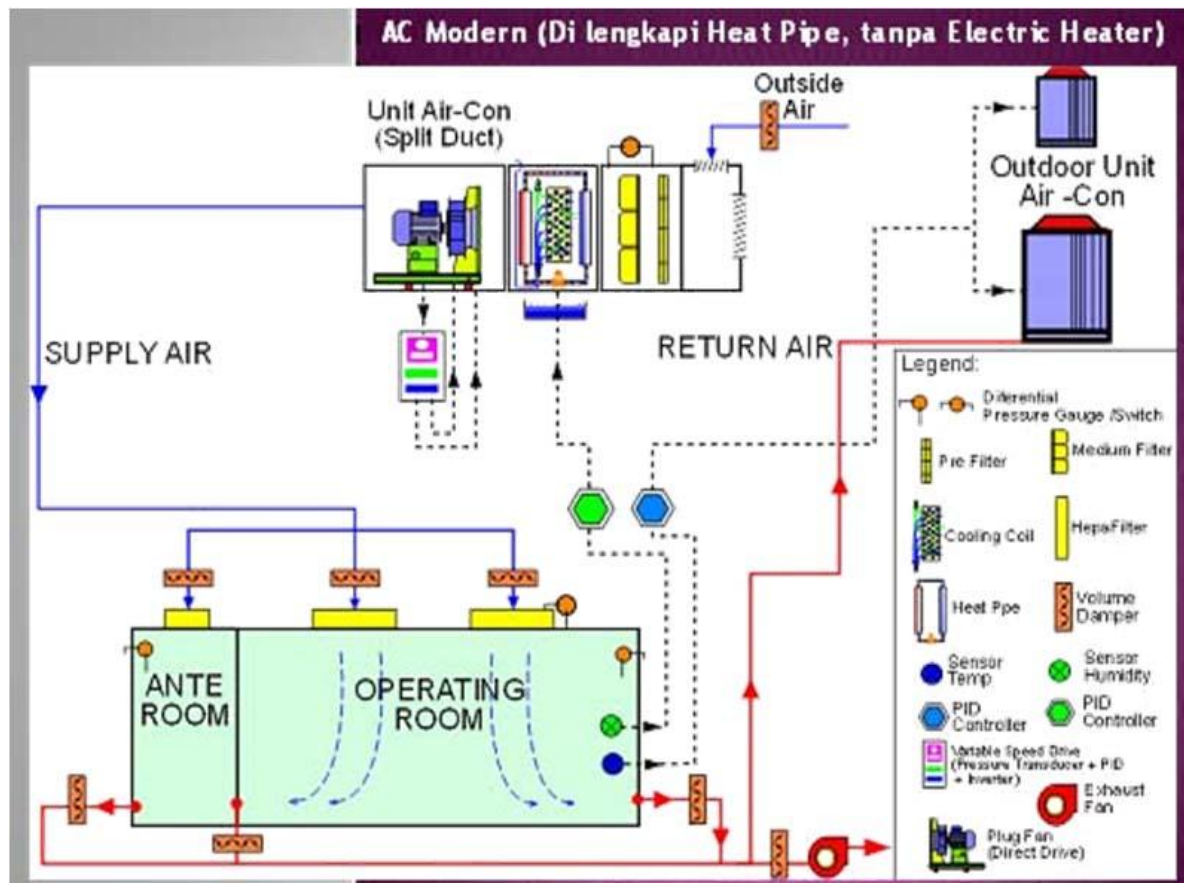
No	Uraian pekerjaan semua jenis mesin-mesin tata udara	Frekuensi						
		D	1	2	4	12	26	52
1	Item 1 berlaku untuk semua jenis mesin-mesin tata udara Catat data-data penting di dalam "Log Form". Amati minyak pelumas kompresor pada kaca penduga. Amati apakah terdapat kelainan-kelainan pada mesin seperti : tetesan minyak pada lantai, amati apakah ada kebisingan yang tidak wajar	X	X	X	X	X	X	X
2	Item 2 s/d 10 umumnya berlaku untuk semua jenis mesin tata udara Periksa aliran refrigeran di kaca penduga (tidak boleh ada gelembung-gelembung udara)				X	X	X	X
3	Periksa kebocoran refrigeran pada sistem, cek apakah terdapat minyak pelumas disekitar perapat poros, kaca penduga, batang katup, flensa dan sambungan flare. Demikian pula terdapat katup pengaman pada kondenser.				X	X	X	X
4	Periksa setelan "high pressure cut-out". Harus 25 psig lebih rendah dari setelan katup pengaman				X	X	X	X
5	Jika suatu ketika mesin harus dihentikan, amati posisi "pressure cut-out" pada sisi tekanan rendah				X	X	X	X

Pedoman Teknis Prasarana Sistem Tata Udara Pada Bangunan Rumah Sakit

6		Pada saat mesin berhenti :							
	a.	Periksa tegangan belt atau kelonggaran kopling penggerak dan kelurusan poros				X	X	X	X
	b.	Periksa saringan dikondenser (sebelum pompa kondenser) jika perlu dibersihkan				X	X	X	X
7		Lumasi bantalan pada motor sesuai dengan petunjuk pabrik							R
8		Periksa semua sambungan kabel listrik, baik pada junction box maupun pada semua contactor (cek kekencangan ikatan kabel)							X
9		Motor listrik							
	a.	Bersihkan motor listrik dengan bantuan udara bertekanan (jika tersedia)							X
	b.	Periksa dan bersihkan switch untuk star motor listrik							
10		Periksa kekencangan semua baut-baut							X
11		Periksa purge valve (jika dilengkapi)							
	a.	Periksa purge unit pada kompresor pada saat operasi normal			X	X	X	X	X
	b.	Pada saat mesin bekerja, periksa kebocoran yang dapat diketahui dengan adanya (1), adanya tekanan yang lebih besar dari tekanan keluar purge yang normal, (2) adanya gas keluar dari purge relief valve, (3) adanya akumulasi air dibagian atas purge separator. Air tersebut harus dikeluarkan			X	X	X	X	X
	c.	Stop purge valve dan periksa semua fitting, flensa dll.			X	X	X	X	X
CATATAN : D = harian; 1 = 1 minggu; 2 = 2 minggu dst. R = sesuai dengan kebutuhan									

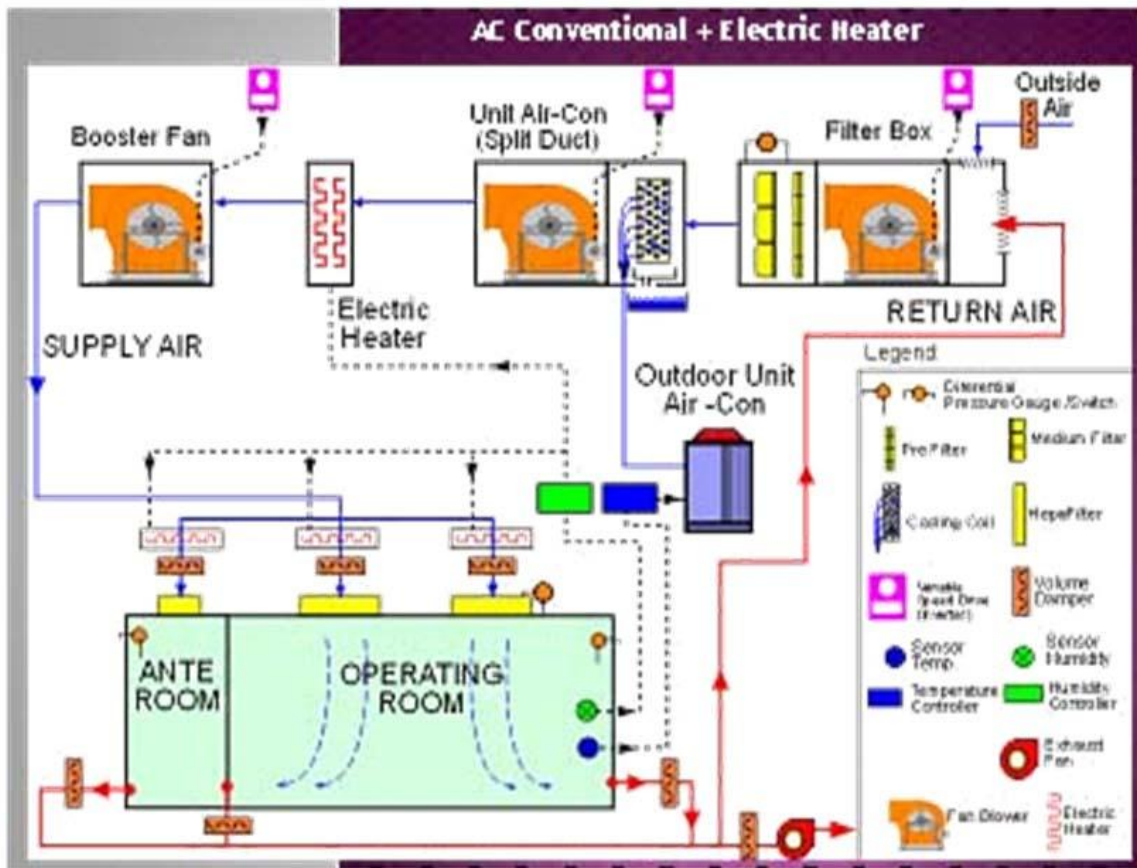
LAMPIRAN – 3

CONTOH SISTEM TATA UDARA PADA RUANG OPERASI - 1



Gambar L3 -1 – Contoh sistem tata udara pada ruang bedah 1

CONTOH SISTEM TATA UDARA PADA RUANG BEDAH – 2



Gambar L3 -2 – Contoh sistem tata udara pada ruang bedah 2

KEPUSTAKAAN

- (1) ASHRAE, Application Handbook, 1995, Chapter 7 – Health Care Facility.
- (2) ASHRAE, HVAC Design Manual for Hospitals and Clinics, 2003, Chapter 14 – Operation and Maintenance.