

**PEDOMAN TEKNIS
PRASARANA SISTEM TATA UDARA
PADA BANGUNAN RUMAH SAKT**



**KEMENTERIAN KESEHATAN - RI
DIREKTORAT JENDERAL BINA UPAYA KESEHATAN
DIREKTORAT BINA PELAYANAN PENUNJANG MEDIK DAN
SARANA KESEHATAN**

SAMBUTAN
DIREKTUR JENDERAL BINA UPAYA KESEHATAN
Dr. Supriyantoro, Sp.P, MARS

Pertama-tama marilah kita panjatkan puji syukur kehadiran Allah SWT, karena atas rahmat dan hidayah-Nya buku Pedoman Teknis Prasarana Sistem Tata Udara Pada Bangunan Rumah Sakit dapat disusun.

Bangunan RS mempunyai kekhususan teknis yang tidak ditemui di bangunan gedung umum lainnya terutama terkait dengan peralatan dan instalasi tata udara. Rumah sakit adalah bangunan yang berpotensi menularkan penyakit/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 dalam sistem tata udara.

Untuk mencegah berkembang biak dan tumbuh suburnya mikroorganisme tersebut, terutama untuk ruangan-ruangan khusus seperti di ruang operasi/bedah, ruang Isolasi dll dimana diperlukan pengaturan sistem tata udara. Perlakuan yang benar terhadap sistem tata udara pada ruangan khusus tersebut harus memperhatikan aspek keselamatan, keamanan dan kenyamanan baik bagi pasien maupun pengguna rumah sakit lainnya.

Sesuai dengan Undang-Undang No. 44 tahun 2009 tentang Rumah Sakit, pasal 9(b) menyatakan bahwa persyaratan teknis bangunan rumah sakit, sesuai dengan fungsi, kenyamanan dan kemudahan dalam pemberian pelayanan serta perlindungan dan keselamatan bagi semua orang termasuk penyandang cacat, anak-anak, dan usia lanjut.

Memperhatikan hal tersebut kami mengharapkan peran dari *stake holder* terkait, yaitu asosiasi profesi, pengelola rumah sakit, konsultan perencana rumah sakit dan pihak lainnya dalam membantu menjalankan amanat Undang-Undang tersebut.

Kami mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada semua pihak yang telah membantu diterbitkannya Pedoman Teknis Prasarana Sistem Tata Udara Pada Bangunan Rumah Sakit. Diharapkan Pedoman Teknis ini dapat menjadi petunjuk agar suatu perencanaan pembangunan atau pengembangan sistem tata udara di rumah sakit dapat menampung kebutuhan pelayanan yang memperhatikan aspek keselamatan, keamanan, kenyamanan dan kemudahan bagi pasien maupun pengguna rumah sakit lainnya.

Demikian kami sampaikan, semoga bermanfaat dan dapat meningkatkan mutu fasilitas rumah sakit di Indonesia.

Jakarta, April 2012

Direktur Jederal Bina Upaya Kesehatan

dr. Supriyantoro, Sp.P, MARS

KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa karena atas Rahmat dan KaruniaNya buku Pedoman Teknis Prasarana Sistem Tata Udara Pada Bangunan Rumah Sakit dapat diselesaikan dengan baik. .

Rumah sakit adalah bangunan yang penuh dengan sumber penyakit dan sumber infeksi. Oleh karena itu harus diperhatikan dan dikendalikan kemungkinan-kemungkinan terjadinya penyebaran infeksi terutama melalui udara (*airborne infection*). Hal pertama yang harus diperhatikan adalah pengaplikasian sistem tata udara pada bangunan rumah sakit harus benar, terutama untuk ruangan-ruangan khusus seperti di ruang operasi/ bedah, ruang Isolasi dll diperlukan pengaturan temperatur, kelembaban udara relatif, kebersihan cara filtrasi dan udara ventilasinya, tekanan ruangan yang positif dan negatif, perbedaan tekanan antar ruang fungsi tertentu dengan ruang disebelahnya, dan distribusi udara didalam ruangan untuk meminimalkan sumber penyakit agar tidak menyebar ke udara (*airborne*) yang memperbesar kemungkinan terjadinya penularan penyakit.

Penyusunan Pedoman Teknis Prasarana Sistem Tata Udara Pada Bangunan Rumah Sakit ini merupakan salah satu upaya untuk mendukung Undang-Undang No. 44 tahun 2009 tentang Rumah Sakit, yaitu dalam rangka memenuhi standar pelayanan dan persyaratan mutu, keamanan dan keselamatan (*life safety*) bagi pengguna Rumah Sakit.

Persyaratan ini disusun dengan partisipasi berbagai pihak termasuk rumah sakit, organisasi profesi serta instansi terkait baik Pembina maupun pengelola bangunan rumah sakit. 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.

Pedoman teknis ini dimungkinkan untuk dievaluasi dan dilakukan penyempurnaan-penyempurnaan terkait dengan perkembangan ilmu dan teknologi serta hal-hal lainnya yang tidak sesuai lagi dengan kondisi di rumah sakit.

Kami mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada semua pihak yang telah membantu diterbitkannya Pedoman Teknis Prasarana Sistem Tata Udara Pada Bangunan Rumah Sakit. Diharapkan Pedoman ini dapat menjadi petunjuk agar suatu perencanaan pembangunan atau pengembangan rumah sakit dapat memperhatikan aspek keselamatan, keamanan dan kenyamanan baik bagi pasien maupun pengguna rumah sakit lainnya.

Jakarta, April 2012

Direktur Bina Pelayanan Penunjang Medik
dan Sarana Kesehatan

dr. Kuntjoro Adi Purjanto, M.Kes
NIP. 195501171981111001

KATA PENGANTAR

Sistem 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 Sistem 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 dalam ruang 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 diberlakukannya Pedoman Teknis ini, maka penyelenggaraan sistem Tata Udara di seluruh rumah sakit di Indonesia harus mengacu pada "Pedoman Teknis Prasarana Sistem Tata Udara pada Bangunan Rumah Sakit".

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

Jakarta, Februari 2012

Daftar Isi

Sambutan		i
Kata Pengantar		ii
Daftar Isi		iii
Tim Penyusun		v
BAB I	Pendahuluan	
A.	Latar Belakang	I - 1
B.	Pengertian	I - 2
C.	Maksud dan Tujuan	I - 4
D.	Ruang Lingkup	I - 4
BAB II	Fasilitas Perawatan Kesehatan	
A.	Pendahuluan	II - 1
B.	Pengkondisian Udara (<i>Air Conditioning</i>) untuk pencegahan dan tindakan terhadap penyakit.	II - 2
BAB III	Fasilitas Rumah Sakit	
A.	Fasilitas Rumah Sakit	III - 1
B.	Kualitas Udara	III - 3
C.	Gerakan Udara	III - 6
D.	Temperatur dan Kelembaban Udara	III - 9
E.	Perbedaan Tekanan dan Ventilasi	III - 9
F.	Pengendalian Asap	III - 10
G.	Kriteria Rancangan Spesifik	III - 11
H.	Kontinuitas Layanan dan Konsep Energi	III - 35
BAB IV	Fasilitas Perawatan Kesehatan Rawat Jalan	
A.	Klinik Diagnostik	IV - 1
B.	Klinik Pengobatan	IV - 1
C.	Kriteria Rancangan	IV - 1

BAB - V	Penutup	VII - 1
Kepustakaan		L - 1
Lampiran		L - 2

TIM PENYUSUN

Penanggung Jawab :

**Direktur Bina Pelayanan Penunjang
Medik dan sarana Kesehatan**

Ketua

Ir. Azizah

Wakil Ketua

Ir. Hanafi, MT

Penyusun :

- | | | |
|----|-------------------------------------|----------------------|
| 1 | Prof.Dr.Ir. RM.Soegijanto. | ITB/IAFBI |
| 2 | Prof.Dr.Ir. Indra Nurhadi. | ITB |
| 3 | Ir. Soufyan M.Noerbambang,MSME, IPU | ITB/IAFBI |
| 4 | Dr.Ir. Prihadi | ITB |
| 5. | Ir. Soekartono Soewarno, IPM | PII/IAFBI. |
| 6 | Ir. Rusdi Malin, MSc, IPM. | PII/UI. |
| 7 | Ir, John Budi Heryanto, MSc. | Professional |
| 8 | Ir. Wahyu Sujatmiko, MT | Puskim.PU – Bandung. |
| 9 | Ir. Rudy Nugroho, MT | ITB |

Tim Kesekretariatan

Erwin Burhanuddin, ST
Siti Ulfa Chanifah, ST., MM
Romadona, ST
Ratna Agtasari, ST

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

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

Bangunan rumah sakit mempunyai kekhususan yang sangat berbeda dan tidak ditemui di bangunan gedung lain pada umumnya. Rumah sakit adalah tempat dimana orang yang 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.

Pasien datang dengan bermacam-macam penyakit dan masalah kesehatan seperti : sakit biasa, sakit khusus yang membutuhkan dokter dan tindakan khusus antara lain seperti sakit jantung, penyakit dalam, pasien luka bakar, pasien luka terbuka atau tertutup, pasien menular dan sebagainya. Dengan kondisi tersebut, maka faktor-faktor yang membedakan rumah sakit dengan bangunan gedung biasa terletak pada peralatan dan instalasi tata udaranya. Jam kerja yang 24 jam sehari, 7 hari seminggu, berarti terus menerus membutuhkan pengkondisian yang dilakukan oleh sistem tata udara.

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. Hal ini untuk mencegah berkembang biak dan tumbuh suburnya mikroorganisme tersebut, terutama untuk ruangan-ruangan khusus seperti di ruang operasi, ruang Isolasi, dan lain-lain, dimana diperlukan pengaturan:

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

(5) distribusi udara didalam ruangan.

Sistem redudansi menjadi masalah pokok pada sistem tata udara yang 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. Sistem tata udara harus mempunyai cadangan yang cukup untuk mengantisipasi kerusakan (*breakdown*) ataupun pada saat dilakukan tindakan pemeliharaan yang diperlukan pada sistem tata udara.

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 dalam sistem tata udara. Belum lagi, bahan kimia yang berbahaya (misalnya gas anestesi atau di laboratorium), bahan-bahan radioaktif harus diperlakukan secara benar untuk menghindarkan bahaya yang mungkin terjadi bagi pasien, petugas medis atau pengunjung rumah sakit.

Rumah sakit terdiri dari berbagai ruang dengan fungsi yang berbeda tergantung pada jenis penyakit atau tingkat keparahan pasiennya, kemudian juga tergantung perbedaan tindakan medisnya. Perbedaan fungsi tersebut mengakibatkan setiap fungsi ruangan membutuhkan pengkondisian yang berbeda-beda dalam tingkat kebersihan, sistem khusus untuk menghindarkan penularan penyakit, tingkat kenyamanan seperti kondisi temperatur dan kelembaban yang tepat untuk penyakit yang berbeda.

B. Pengertian.

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

HEPA (*High Efficiency Particulate Air*), filter yang digunakan di berbagai lokasi, baik di fasilitas medis, kendaraan otomotif, pesawat terbang, filter rumah, atau dimanapun udara bersih dicari. Filter udara ini harus menyaring/menghapus 99,97% dari semua partikel yang lebih besar dari 0,3 mikron udara yang melewatinya.

hipertermia, adalah 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. Selain itu, 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.

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.

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.

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

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

pengkondisian udara (*air conditioning*), usaha mengolah udara untuk mengendalikan temperatur ruangan, kelembaban relatif, kualitas udara, dan penyebarannya.

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.

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.

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

ULPA (Ultra Low Penetration Air), filter yang dapat menyaring/menghapus dari udara sekurang-kurangnya 99,999 % debu, serbuk sari, jamur, bakteri, dan semua partikel berukuran 120 nanometer (0,12 micron) atau lebih besar di udara.

ventilasi udara luar (Outdoor ventilation), pemasukan udara segar dari luar ke dalam gedung dengan sengaja, untuk menjaga kesegaran atau kualitas udara.

C. Maksud dan Tujuan.

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

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.

D. Ruang Lingkup.

Pedoman teknis ini diberlakukan terhadap kinerja peralatan tata udara (*equipment*) dan komponennya sesuai kriteria penggunaan energi yang efektif.

Ruang lingkup persyaratan teknis prasarana instalasi tata udara di 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 : Pengoperasian Dan Pemeliharaan.

Bab – VI : Penutup

Lampiran.

BAB II

FASILITAS PERAWATAN KESEHATAN

A. Pendahuluan.

Kemajuan terus menerus dalam bidang kedokteran dan teknologi membutuhkan evaluasi ulang kebutuhan pengkondisian udara (*air conditioning*) fasilitas medik rumah sakit. Sementara bukti medis telah menunjukkan bahwa pengkondisian udara yang tepat sangat membantu dalam pencegahan dan pengobatan berbagai penyakit. Biaya yang relatif tinggi dari pengkondisian udara menuntut perancangan dan pengoperasian yang efisien untuk menjamin manajemen energi yang ekonomis.

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

Fasilitas kesehatan menjadi semakin beragam dalam menanggapi kecenderungan menuju layanan rawat jalan. Klinik pada jangka panjang mungkin merujuk bangunan tempat tinggal dokter dan menjadi pusat pengobatan khusus kanker. Pemeliharaan kesehatan prabayar yang disediakan oleh organisasi kesehatan regional yang terintegrasi menjadi model untuk perawatan medis melahirkan. Organisasi ini, sepanjang berdirinya rumah sakit, merupakan bangunan yang terlihat kurang seperti rumah sakit dan lebih seperti gedung perkantoran.

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

1. Fasilitas rumah sakit.
2. Fasilitas perawatan kesehatan rawat jalan.
3. Fasilitas rumah jompo.

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

Instansi-instansi yang 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 infeksi bersama Komite Pengendalian Infeksi Rumah Sakit.

Bab – III dari Bagian Pertama menjelaskan rumah sakit umum sebagai dasar uraian karena berbagai layanan yang disediakan. Kondisi lingkungan dan kriteria rancangan berlaku untuk daerah fasilitas kesehatan lainnya yang sebanding. Rumah sakit umum untuk perawatan akut memiliki inti 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, ada di dalam kompleks. Fasilitas ini juga mencakup ruang gawat darurat, layanan dapur, makan dan makanan, kamar mayat, dan dukungan kebersihan terpusat.

Bab IV dari Bagian Pertama ini menjelaskan kriteria untuk fasilitas rawat jalan. Tindakan operasi harian (*One day care*) rawat jalan 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.

Bab V dari Bagian Pertama ini membahas Panti jompo secara terpisah karena persyaratan fundamentalnya sangat berbeda dari fasilitas medis lainnya.

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

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

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.

Pasien jantung mungkin tidak dapat mempertahankan sirkulasi yang diperlukan untuk memastikan kerugian panas normal.

Oleh karena itu pengkondisian udara ruang rawat jantung dan ruang pasien jantung, terutama mereka yang gagal jantung diperlukan dan dianggap terapi.

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

Faktor penting dalam pemulihan lingkungan di mana pasien dapat kehilangan panas oleh radiasi dan penguapan yaitu dengan ruangan yang sejuk serta udara kering.

Suatu lingkungan yang panas dengan temperatur 32°C bola kering dan kelembaban relatif 35% telah berhasil digunakan dalam merawat pasien radang sendi. 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. 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%.

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 yang hangat, udara lembab sangat penting untuk mencegah dehidrasi.

Pasien yang memerlukan terapi oksigen dan pasien dengan *tracheostomy* memerlukan perhatian khusus untuk menjamin kehangatan, 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.

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 32°C bola kering dan kelembaban relatif hingga 95%.

BAB III

FASILITAS RUMAH SAKIT

A. Fasilitas Rumah Sakit.

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.

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

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

Sumber Infeksi dan Tindakan Pengendalian.

1. Infeksi Bakteri.

Contoh bakteri yang sangat menular dan terbawa dalam campuran udara atau udara dan air adalah *Mycobacterium tuberculosis* dan *Legionella pneumophila* (penyakit legionnaire).

Well (1934) menunjukkan bahwa tetesan atau zat infeksius berukuran 5 μm atau kurang dapat tetap diudara tanpa batas.

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).

Hal ini disebabkan bakteri biasanya ada dalam unit pembentuk koloni besarnya lebih dari 1 μm .

Beberapa otoritas merekomendasikan penggunaan filter HEPA yang mempunyai test filter Dioctyl phthalate (DOP) dengan efisiensi penyaringan 99,97% di area tertentu.

2. Infeksi Virus.

Contoh virus yang terbawa oleh udara dan mematikan, seperti *Varisela* (cacar air/herpes zoster), *Rubella* (Campak, Jerman) dan *Rubeola* (campak biasa). Bukti *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. Saat ini tersedia filter HEPA dan/atau filter ULPA yang memberikan efisiensi terbesar.

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. Oleh karena itu isolasi ruang dan isolasi ruang antara (*ante room*) dengan perbedaan tekanan dan ventilasi yang tepat merupakan sarana utama yang digunakan untuk mencegah penyebaran virus di lingkungan rumah sakit.

3. Jamur.

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

4. Ventilasi Udara Luar.

Jika intake udara luar diletakkan dan dijaga dengan benar, area dimana intake udara luar dibuat dengan pertukaran udara yang cukup besar, dapat membuat area hampir bebas dari bakteri dan virus.

Masalah kontrol infeksi sering melibatkan sumber bakteri atau virus di dalam rumah sakit. Ventilasi udara melarutkan kontaminasi virus dan bakteri dalam rumah sakit. 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.

5. Temperatur dan Kelembaban.

Kondisi termal ini dapat menghambat atau mendorong pertumbuhan bakteri dan mengaktifkan atau menonaktifkan virus.

Beberapa bakteri seperti *Legionella pneumophila* pada dasarnya tetap bertahan dalam air dan dalam lingkungan yang lembab. Ketentuan teknis menetapkan rentang kriteria temperatur dan kelembaban udara di beberapa area rumah sakit sebagai parameter untuk pengendalian infeksi dan kenyamanan.

B. 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 harus dipertimbangkan.

1. Intake Udara Luar (*Outdoor Intake*).

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

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. 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.

2. Outlet Pembuangan (*Exhaust Outlets*).

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. Kehati-hatian harus dilakukan dalam menempatkan buang 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 tepat.

3. Filter Udara.

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

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

Apabila diperlukan 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, apabila sistem resirkulasi menggunakan percikan air, dan jenis reservoir air untuk humidifier Tindakan pencegahan yang tepat harus diamati untuk mencegah filter media menjadi basah oleh kelembaban uap air bebas 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.

Berikut ini adalah panduan untuk instalasi filter :

- a. 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.
- b. 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.

- c. 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.

Tabel 1

Effisiensi 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.	25		
	Laundri.			
	Area Administrasi.			
	Penyimpanan besar			
	Area Kotor.			

^a Didasarkan pada ASHRAE Standard 52.1-1992.

^b Didasarkan pada tes DOP.

^c HEPA filters pada outlet.

- d. 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.
- e. Karena filter efisiensi tinggi harganya mahal, rumah sakit harus memproyeksikan umur dudukan filter dan biaya penggantinya serta memasukkan ini ke dalam anggaran operasional rumah sakit.
- f. 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.

C. Gerakan Udara

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.

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 spreng 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 spreng	4940	2260
Setelah 10 menit	2120	1470
Setelah 30 menit	1270	950
Kebersihan ruangan (background)	560	
Penggantian spreng normal (Normal bedmaking)	3520	
Penggantian spreng dengan bersemangat (Vigorous bedmaking)	6070	

Sumber Greene et al. (1960)

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 yang ditekankan 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.

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.

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.

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.

Hal ini paling baik dilakukan dengan menggunakan penahan cuaca dan penutup bawah pada pintu. Pembukaan atau penutupan pintu antara dua area secara cepat mengurangi perbedaan tekanan di antara area tersebut. Apabila terjadi bukaan, suatu pertukaran udara alami berlangsung karena arus termal yang ditimbulkan dari perbedaan temperatur antara dua area.

Untuk area kritis yang membutuhkan baik 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.

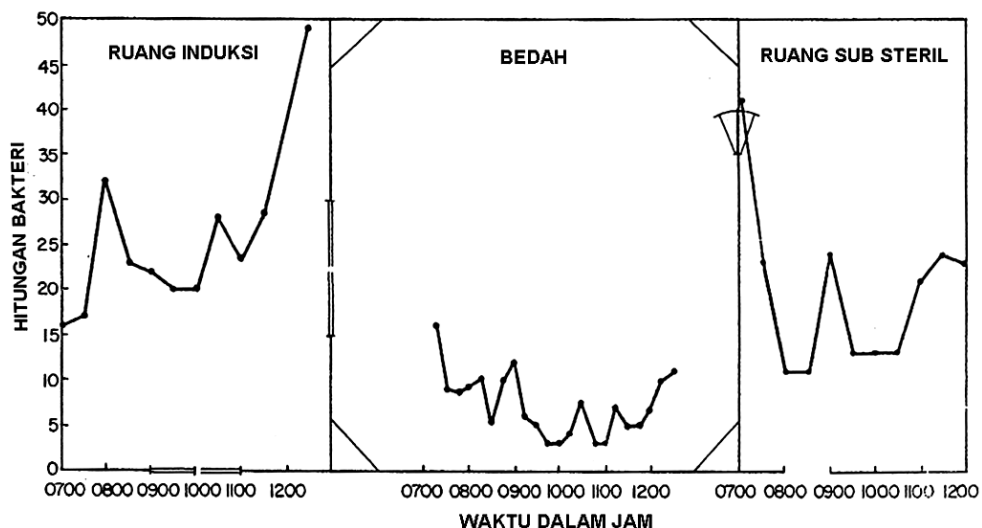
Gambar 1, menunjukkan jumlah bakteri di ruang operasi dan ruang sebelah selama prosedur operasi normal. Penghitungan bakteri dilakukan secara bersamaan. Jumlah bakteri relatif rendah di ruang operasi dibandingkan dengan petugas yang berada di ruang sebelah, disebabkan oleh tingkat yang lebih rendah aktivitasnya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

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

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.

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

Adanya sistem pendukung baik aliran udara laminar vertikal dan horizontal, dengan dan tanpa dinding tetap atau bergerak disekitar tim bedah. Beberapa otoritas medis tidak menganjurkan aliran udara laminar untuk ruang operasi tetapi mendorong sistem udara yang mirip dengan yang dijelaskan dalam bab ini.



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

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

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.

D. 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%.

E. Perbedaan Tekanan dan Ventilasi.

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

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.

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

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.

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 (VAV) dapat dipertimbangkan untuk konservasi energi.

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 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.

Jumlah pertukaran udara dapat dikurangi sampai 25% dari nilai yang ditunjukkan pada saat ruangan kosong, jika ketentuan ini dibuat, untuk memastikannya maka :

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

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

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.

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

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

F. Pengendalian Asap.

Sebagai rancangan ventilasi yang dikembangkan, strategi pengendalian asap yang tepat harus dipertimbangkan. Sistem pasif mengandalkan pada mematikan fan, partisi asap dan api, dan pengoperasian jendela. Perawatan yang tepat dari penetrasi *ducting* harus diperhatikan.

Sistem pengendalian asap aktif menggunakan sistem ventilasi untuk menciptakan area tekanan positif dan negatif yang 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.

G. Kriteria Rancangan Spesifik.

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.

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.

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

1. Bedah dan Perawatan Kritis.

Tidak ada persyaratan rumah sakit yang 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.

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.

a. Kamar Operasi.

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.

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.

Namun demikian, tekanan positif pada ruang harus tetap dipertahankan pada volume yang berkurang untuk memastikan kondisi steril tetap terjaga. Konsultasi dengan staf bedah rumah sakit akan menentukan kelayakan penyediaan fasilitas ini.

Sebuah sistem pembuangan udara atau sistem vakum khusus harus dipasang untuk menghilangkan gas bekas 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 slang buangan gas anestesi dari mesin anestesi.

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, proteksi bagi pasien dan petugas, memonitor efisiensi lampu dan pemeliharaan.

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

- (a) harus mampu mencapai temperatur 20⁰ sampai 24⁰C;
- (b) kelembaban relatif udara harus dijaga antara 50% ~ 60%;

- (c) tekanan udara harus dijaga positif yang berhubungan dengan ruang disebelahnya dengan memasok udara lebih dari 15%;
- (d) pembacaan perbedaan tekanan di ruang harus dipasang untuk memungkinkan pembacaan tekanan udara dalam ruang. Menyekat seluruh dinding, langit-langit dan penetrasi pada lantai dan pintu untuk menjaga tekanan yang terbaca.
- (e) Indikator kelembaban udara dan thermometer harus ditempatkan pada lokasi yang mempermudah observasi (pengamatan).
- (f) efisiensi filter harus sesuai dengan tabel 1.
- (g) seluruh instalasi harus memenuhi ketentuan yang berlaku.
- (h) 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.
- (i) bahan akustik tidak boleh digunakan sebagai lapisan ducting kecuali filter terminal dengan efisiensi minimu 90% dipasang 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.

- (j) Setiap penyemprotan yang diterapkan pada insulasi dan kedap api harus ditangani dengan zat penghambat pertumbuhan jamur.
- (k) 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.

b. Obstetrik (*Obsterical-kebidanan*).

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

c. Ruang Melahirkan (*Delivery*)

Perancangan ruang melahirkan harus sesuai dengan persyaratan teknis ruang operasi.

d. Ruang Pemulihan (*Recovery*).

Ruang pemulihan paskaoperasi 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 dari area sekitarnya harus disediakan.

e. Ruang perawatan bayi (*Nursery Suite*).

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 pasokan udara untuk ruang ini harus berada pada atau dekat langit-langit dan dibuang dekat lantai bagian bawah dengan bukaan buangan terletak setidaknya tidaknya 75 mm di atas lantai.

Effisiensi 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.

f. Ruang perawatan bayi jangka lama (*Full Term Nursery*).

Temperatur 24⁰C 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 berkunjung dengan ibunya. 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.

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
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
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
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
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 memproteksi 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.

g. 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 baik bayi yang dipindahkan dari *incubator* dan setelah tidak ditempatkan dalam *incubator*. Tekanan pada ruang perawatan bayi ini harus sesuai dengan ruang perawatan bayi biasa.

h. 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 dari area ini harus tidak boleh masuk ke ruang bayi lainnya. Tekanan udara negatif terhadap tekanan udara dari ruang kerja harus dijaga di kamar bayi. Ruang kerja biasanya berada diantara ruang bayi dan koridor, harus relatif bertekanan terhadap koridor.

i. Darurat,

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

Temperatur dan kelembaban udara di dalam kantor dan ruang tunggu harus berada dalam batas kenyamanan.

j. Ruang Trauma.

Ruang trauma harus berventilasi sesuai persyaratan pada tabel 3. Ruang operasi darurat yang terletak dekat gawat darurat harus memiliki temperatur, kelembaban udara dan kebutuhan ventilasi dengan persyaratann yang sama seperti orang-orang dari ruang operasi.

k. Ruang penyimpanan Anestesi.

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

2. Perawatan.

a. Ruang pasien.

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.

Ruangan yang digunakan untuk isolasi pasien terinfeksi, semua pasokan udara harus dibuang keluar. Untuk rancangan pada musim dingin, temperatur 24⁰C dengan kelembaban relatif udara 30% direkomendasikan. Temperatur 24⁰C dengan kelembaban relatif udara 50% direkomendasikan untuk musim panas.

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

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 membuat buangan toilet tidak berbau.

Apabila sistem unit ruang digunakan, umumnya pembuangan udara dilakukan melalui ruang toilet.

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

b. Unit Perawatan Intensif.

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

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

c. Unit Isolasi Protektif.

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

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

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,

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

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. 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.

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.

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

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

d. Unit Isolasi Infeksius.

Ruang isolasi menular digunakan untuk melindungi penghuni di rumah sakit dan pasien berpenyakit menular. Terakhir untuk menghindari penularan tuberculosis, di dalam ruang pasien dapat dilakukan dengan memberikan perancangan distribusi udara, tekanan, laju pertukaran udara, dan filtrasi. Temperatur dan kelembaban relatif udara harus sesuai dengan ketentuan untuk ruang pasien.

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

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.

e. Pantry Lantai. (Floor pantry).

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 pantry, penggunaan tudung pembuangan ke luar di atas peralatan pencuci dianjurkan.

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

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

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.

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

3. Penunjang.

a. Instalasi 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.

1) *Fluoroscopic, radiografi, dan Ruang terapi.*

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

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

2) Ruang gelap.

Ruang gelap umumnya digunakan untuk periode yang lama dari pada ruang sinar X dan harus mempunyai sistem *independent* untuk membuang udara ke luar. Buangan dari alat pemroses film dihubungkan ke buangan kamar gelap.

b. Laboratorium.

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.

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.

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.

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

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.

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

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.

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

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.

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

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

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.

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.

c. Laboratorium Bakteriologi.

Unit ini tidak harus memiliki pergerakan udara yang tidak semestinya, sehingga perawatan harus 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.

Untuk mempertahankan lingkungan yang steril, filter HEPA efisiensi ultra tinggi harus dipasang di *ducting* pasokan dekat titik masuk ke ruangan. Ruang media, pada dasarnya adalah dapur, harus berventilasi untuk menghilangkan bau dan uap.

d. Laboratorium penyakit Infeksius dan Virus.

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

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, dimana seharusnya memiliki tekanan relatif negatif terhadap area lain disekitarnya untuk mencegah exfiltrasi dari setiap kontaminan udara.

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

e. Laboratorium Pengobatan Nuklir.

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

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

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.

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

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

Rekomendasi ini hanya berlaku di mana sejumlah kecil ditangani dalam operasi sederhana. Keadaan lain mungkin memerlukan penyediaan kotak sarung tangan atau serupa kurungan.

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

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

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

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.

Rekomendasi tentang perbedaan tekanan, filtrasi pasokan udara, volume pasokan udara, resirkulasi dan atribut lain dari sistem pasokan 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.

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.

Hal ini juga berisi persyaratan khusus untuk jumlah radioaktif yang dapat dilepaskan ke atmosfer, metode pembuangan pilihan adalah dengan penyerapan menggunakan perangkat arang.

f. Ruang Otopsi.

Ruang otopsi adalah suatu area dari bagian patologi yang memerlukan perhatian khusus. Perhatian terhadap ruang ini terutama pada kontaminasi bakteri dan bau. Intake buangan harus ditempatkan baik 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.

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

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 dipenuhi alumina aktif lebih disukai.

g. Kandang Hewan.

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.

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.

h. Farmasi.

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

4. 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.

5. Diagnostik dan Pengobatan.

a. Bronchoscopy, Sputum collection, dan Pentamidine Administration.

Ruangan ini berpotensi tinggi karena adanya pembuangan sejumlah besar tetesan air yang infeksius ke dalam udara ruangan.

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.

b. 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.

c. 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.

d. Bagian terapi fisik.

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

Hidroterapi.

Seksi ini terdiri dari berbagai pengobatan dengan pemandian air, umumnya temperatur dipertahankan sampai 27⁰C. Panas laten yang potensial di area ini tidak boleh diabaikan.

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.

e. Ruang Terapi Okupasi. (*Occupational Therapy Department*).

Ruang departemen 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.

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.

f. Departemen Terapi penghirupan (*Inhalation Therapy Department*).

Terapi penghirupan untuk pengobatan gangguan pernapasan paru-paru dan lainnya. Udara harus sangat bersih, dan areanya harus memiliki tekanan udara positif terhadap area sekitarnya.

g. Ruang Kerja.

Ruang kerja yang bersih berfungsi sebagai pusat penyimpanan dan distribusi pasokan bersih dan harus dipertahankan pada tekanan udara positif relatif terhadap koridor.

Ruang kerja yang kotor 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.

6. Sterilisasi dan Suplai.

Peralatan yang telah digunakan dan terkontaminasi seperti instrumen dan alat, dibawa ke unit ini untuk dibersihkan dan disterilisasi sebelum digunakan kembali.

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.

Perbedaan tekanan udara harus sesuai seperti yang ditunjukkan pada tabel 3. Temperatur dan kelembaban harus berada dalam rentang nyaman.

Pedoman berikut ini penting untuk unit pusat sterilisasi dan suplai :

- (1) Insulasi alat sterilisasi digunakan untuk mengurangi beban panas.
- (2) Ventilasi pada lemari peralatan sterilisasi harus cukup untuk menghilangkan kelebihan panas.
- (3) Apabila alat Ethylene Oksida (ETO) gas sterilisasi digunakan, dilengkapi sistem pembuangan yang terpisah dengan terminal fan. Melengkapi perangkat buangan dengan kecepatan yang memadai disekitar sumber kebocoran ETO

Memasang pembuangan di pintu alat sterilisasi dan di atas pengering alat sterilisasi. Aerator pembuangan dan ruang layanan, sensor konsentrasi ETO, sesor aliran buangan, dan alarm juga harus disediakan.

ETO sterilisasi harus ditempatkan di ruang khusus tak berpenghuni yang 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.

- (4) Menjaga tempat penyimpanan untuk persediaan steril pada kelembaban relatif tidak lebih dari 50%.

7. Pelayanan.

Daerah layanan termasuk dietary, rumah tangga, mekanikal, dan fasilitas karyawan.

Apakah daerah ini udaranya akan 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 pasokan udara harus terkait dalam perancangan. Udara tersebut harus disaring dan dialirkan pada temperatur yang terkendali.

Sistem pembuangan yang dirancang dengan baik menjadi tidak efektif tanpa pasokan udara yang memadai. Pengalaman menunjukkan bahwa ketergantungan pada jendela yang terbuka hanya menghasilkan ketidakpuasan terutama selama musim panas.

Penggabungan pertukaran panas dari udara ke udara memberikan kemungkinan untuk beroperasi secara ekonomis di area ini.

a. Fasilitas Dietary.

Area ini biasanya mencakup dapur utama, pembuatan roti, kantor ahli gizi dan ruang makan.

Karena berbagai kondisi dihadapi (yaitu panas yang tinggi, kelembaban dan bau masakan), perhatian khusus dalam perancangan diperlukan untuk menyediakan lingkungan yang dapat diterima.

Kantor ahli gizi ini sering berada di dalam atau berdekatan dengan dapur utama. Biasanya benar-benar tertutup untuk memastikan privatisasi dan pengurangan kebisingan. Pengondisian udara dianjurkan untuk pemeliharaan kenyamanan dalam kondisi normal.

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.

b. Ruang Kompresor/Kondenser Dapur.

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 32,2⁰C; dan

(3) apabila temperatur udara atau sirkulasi udara kecil, kombinasi udara dan unit kondensing yang didinginkan air harus ditentukan.

Hal ini sering untuk menggunakan kondensor berpendingin air dimana kondensor diletakkan jauh. Perolehan kembali panas dari kondenser berpendingin air harus dipertimbangkan.

c. Ruang Makan.

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%.

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.

d. Laundry dan Linen.

Dari fasilitas ini, hanya ruang penyimpanan linen kotor, ruang sortir linen kotor, ruang utilitas kotor, dan area proses laundry yang memerlukan perhatian khusus.

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.

Ruang utilitas kotor yang disediakan untuk layanan rawat inap dan biasanya terkontaminasi dengan bau yang berbahaya harus langsung dibuang ke luar dengan cara mekanis.

Dalam area proses linen, mesin cuci (*washer*), alat pengering (*tumbler*), alat seterika, dan sebagainya harus dibuang langsung ke atas untuk mengurangi kelembaban.

Sebuah kanopi di atas alat seterika dan lubang pembuangan udara yang terbaik diletakkan di dekat peralatan penghasil panas untuk diambil dan dibuang panasnya.

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. Reklamsi panas dari udara buangan laundry mungkin tidak praktis dan tidak diinginkan.

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

e. Fasilitas Mekanikal.

Pasokan 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 dipasok ke ruang boiler untuk memasok fan buangan selain untuk boiler.

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

f. Bengkel Pemeliharaan.

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

H. Kontinuitas Layanan dan Konsep Energi

1. Zoning.

Zoning dimaksudkan untuk- menggunakan sistem udara terpisah untuk berbagai departemen, dapat diindikasikan untuk :

- (1) kompensasi paparan, karenan orientasi atau untuk kondisi lain yang dikenakan oleh konfigurasi bangunan tertentu;

- (2) meminimalkan resirkulasi antara departemen;
- (3) memberikan fleksibilitas operasi;
- (4) menyederhanakan ketentuan untuk operasi pada kondisi daya darurat;
- (5) menghemat energi.

Dengan *ducting* pasokan udara dan beberapa unit penanganan 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 perawatan rutin atau kegagalan komponen.

Pemisahan sistem pasokan, yang balik dan yang dibuang oleh departemen sering diinginkan, khususnya untuk bagian bedah, kebidanan, patologi, dan laboratorium. Keseimbangan relatif diinginkan dalam area kritis harus dijaga saling mengunci pasokan dan fan (misalnya pembuangan harus berkenti apabila pasokan aliran udara dihentikan).

2. Pemanasan dan Layanan Siaga Air Panas.

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 untuk operasi, melahirkan, persalinan, persiapan melahirkan, pemulihan, perawatan intensif, perawatan bayi, dan kamar pasien umum.

Namun, kapasitas cadangan tidak diperlukan dalam kondisi di mana rancangan temperatur - bola kering - 4⁰C setara atau melebihi 99% dari total jam dalam setiap periode pemanasan.

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

Beberapa sistem pasokan dan pembuangan untuk ruang melahirkan dan ruang operasi harus dirancang independen dari sistem fan lain dan beroperasi dari sistem listrik darurat rumah sakit pada kejadian kegagalan daya listrik. Ruang operasi dan ruang bersalin harus berventilasi sehingga fasilitas rumah sakit dapat tetap mempertahankan kondisi ruang bedah dan ruang melahirkan dalam kasus-kasus kegagalan sistem ventilasi.

Uap dari boiler sering memerlukan perlakuan dengan bahan kimia yang tidak bisa dibuang oleh unit penanganan udara yang melayani area kritis. Dalam kasus ini, sistem uap bersih harus dipertimbangkan untuk humidikasi.

3. Pendinginan Mekanikal.

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

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

4. Insulasi.

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

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.

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, seperti yang dipersyaratkan oleh NFPA 90A.

Tingkat pengembangan asap untuk insulasi pipa tidak boleh melebihi 150.

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

Lapisan 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.

Lapisan *duct* tidak boleh digunakan dalam sistem pasokan 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. Lapisan *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.

5. Energi.

Perawatan kesehatan membutuhkan energi intensif, energi tergantung perusahaan.

Fasilitas rumah sakit berbeda dari bangunan lainnya, rumah sakit beroperasi 24 jam per hari sepanjang tahun, memerlukan sistem cadangan yang canggih dalam kasus utilitas padam, penggunaan sejumlah besar udara luar untuk memerangi bau dan pelarutan mikroorganisme, dan harus berurusan dengan masalah infeksi dan pembuangan limbah padat. Demikian pula, sejumlah besar energi dibutuhkan untuk daya diagnostik, terapeutik, dan peralatan pemantau dan dukungan layanan seperti penyimpanan, persiapan dan pelayanan makanan dan fasilitas laundry.

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.

Pemanasan pipa, berjalan sekitar loop. dan bentuk lain pemulihan panas memperoleh perhatian yang meningkat. Insinerator limbah padat menghasilkan buangan uap panas yang dapat digunakan untuk laundry dan air panas perawatan pasien menjadi semakin umum.

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.

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

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 PERAWATAN KESEHATAN RAWAT JALAN

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

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 perawatan kesehatan rawat jalan harus sesuai dengan persyaratan fasilitas rumah sakit.

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

A. Klinik Diagnostik.

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.

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

B. 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.

C. Kriteria Rancangan.

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.

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.

Area fungsi berikut dalam fasilitas klinik pengobatan memiliki kriteria rancangan yang 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 pasokan; dan
- (5) layanan kotor, ruang kerja, fasilitas mekanik, dan kamar ganti.

1. Kontinuitas Pelayanan dan Konsep Energi.

Beberapa pemilik 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.

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.

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

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.

KEPUSTAKAAN

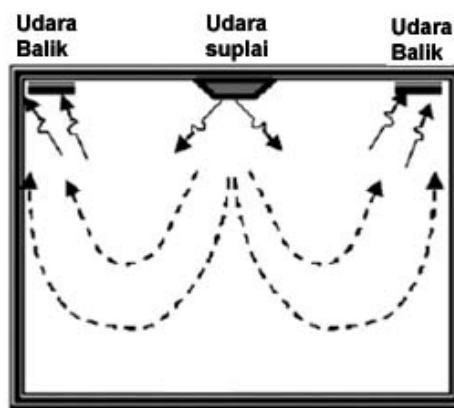
- (1) ASHRAE, Application Handbook, 1995
- (2) ASHRAE, HVAC Design Manual for Hospitals and Clinics, 2003.

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.



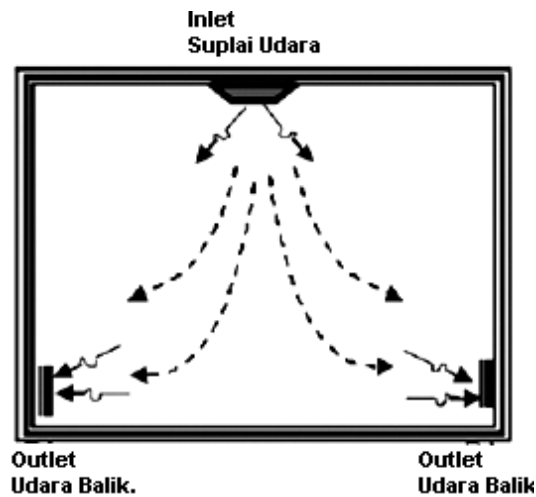
Gambar L1.1.1 - Pergerakan udara

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.

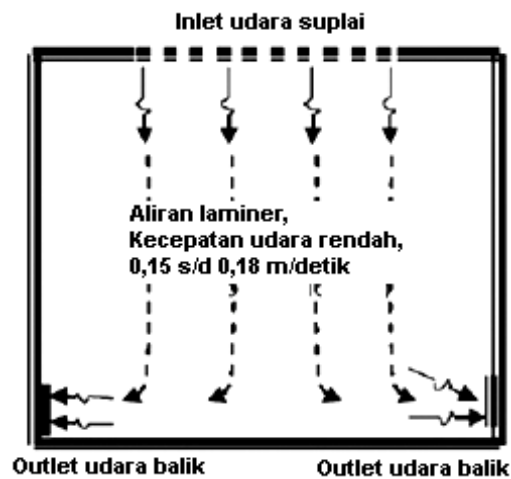
L1.1.2 Pergerakan udara direncanakan seteliti mungkin dimana kecepatan udara harus serendah mungkin dengan arah aliran udara yang tepat seperti yang ditunjukkan pada gambar L1.1.2a dan L1.1.2b.

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 keluaran 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.



Gambar L1.1.2a - Mengurangi mikroorganisme yang menyebar



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

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 m/dt ± 0.1 m/dt)*

L1.2. Tekanan Antar Ruang.

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

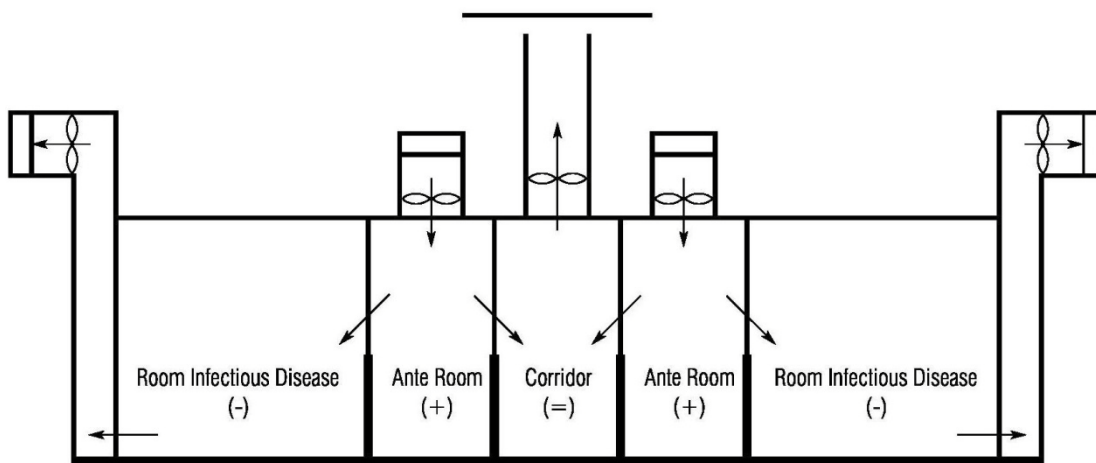
ruangan lebih bersih, tekanan udaranya juga lebih tinggi dibandingkan dengan ruangan kurang bersih.

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

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		
Kondisi	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		
Kondisi	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									

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



Symbols : (-) Negative Pressure / (+) Positive Pressure / (=) Netral Pressure

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.

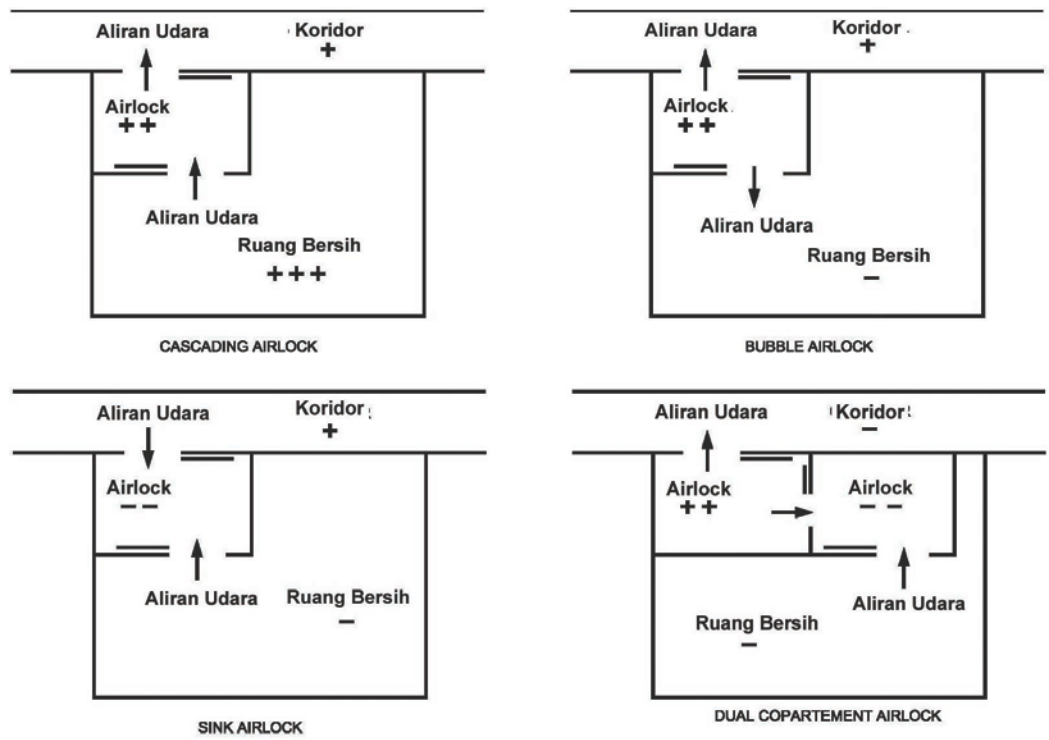
L1.2.3. Ruang dengan tekanan negatif diperlukan agar pasien yang mempunyai penyakit menular dan berbahaya tidak membahayakan pengunjung dan pasien yang lain.

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 penyimpan 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 kompresor.
- (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/perbaiki set point alat-alat kendali, dan indicator yang penting.
- (4) Pemeriksaan/perbaiki/penggantian instalasi pengkabelan pada instalasi sistem kendali
- (5) Pemeriksaan/perbaiki 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/perbaiki yang menimbulkan kebisingan
- (2) Pemeriksaan/perbaiki terhadap arus listrik yang tidak sesuai dengan data name plate atau dari brosur.
- (3) Pemeriksaan/perbaiki coupling
- (4) Pemeriksaan/perbaiki/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/perbaiki yang menimbulkan kebisingan
- (2) Pemeriksaan/perbaiki terhadap arus listrik yang tidak sesuai dengan data name Plate atau dari brosur
- (3) Pemeriksaan/perbaiki coupling dan lubang-lubang tangkai motor dengan pompa
- (4) Pemeriksaan/perbaiki 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	Peralatan	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
			Tiga kali sehari, pagi, siang dan malam						
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	
6	Pada saat mesin berhenti :								
	a. Periksa tegangan belt atau kelonggaran kopleng 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							X	
10	Periksa kekencangan semua baut-baut							X	
11	Periksa purge valve (jika dilengkapi)								

<p>a. Periksa purge unit pada kompresor pada saat operasi normal</p> <p>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</p> <p>c. Stop purge valve dan periksa semua fitting, flensa dll.</p>			X	X	X	X	X
<p>CATATAN : D = harian; 1 = 1 minggu; 2 = 2 minggu dst. R = sesuai dengan kebutuhan</p>							

