

**TEKSTIL BERBAHAN POLYESTER
SEBAGAI BAHAN DUCTING
(PENGUJIAN BERDASARKAN ASTM D737-96)**

SKRIPSI

Oleh

ANDHI SAPUTRA
0404080099



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERKAPALAN
DAPARTEMEN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
GENAP 2007/2008**

**TEKSTIL BERBAHAN POLYESTER
SEBAGAI BAHAN DUCTING
(PENGUJIAN BERDASARKAN ASTM D737-96)**

SKRIPSI

Oleh

**ANDHI SAPUTRA
0404080099**



**SKRIPSI INI DIAJUKAN UNTUK MELENGKAPI SEBAGAI
PERSYARATAN MENJADI SARJANA TEKNIK**

**PROGRAM STUDI TEKNIK PERKAPALAN
DAPARTEMEN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
GENAP 2007/2008**

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul :

**TEKSTIL BERBAHAN POLYESTER
SEBAGAI BAHAN DUCTING
(PENGUJIAN BERDASARKAN ASTM D737-96)**

Yang dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Perkapalan Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Indonesia maupun di Perguruan Tinggi atau Instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Depok, 10 Juli 2008

Andhi Saputra
NPM.0404080099

PENGESAHAN

Skripsi dengan judul :

**TEKSTIL BERBAHAN POLYESTER
SEBAGAI BAHAN DUCTING
(PENGUJIAN BERDASARKAN ASTM D737-96)**

dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Perkapalan Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Skripsi ini telah diujikan pada sidang ujian skripsi pada tanggal 2 Juli 2008 dan dinyatakan memenuhi syarat/sah sebagai skripsi pada Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Depok, 10 Juli 2008

Dosen Pembimbing

Ir. Rusdy Malin.MME

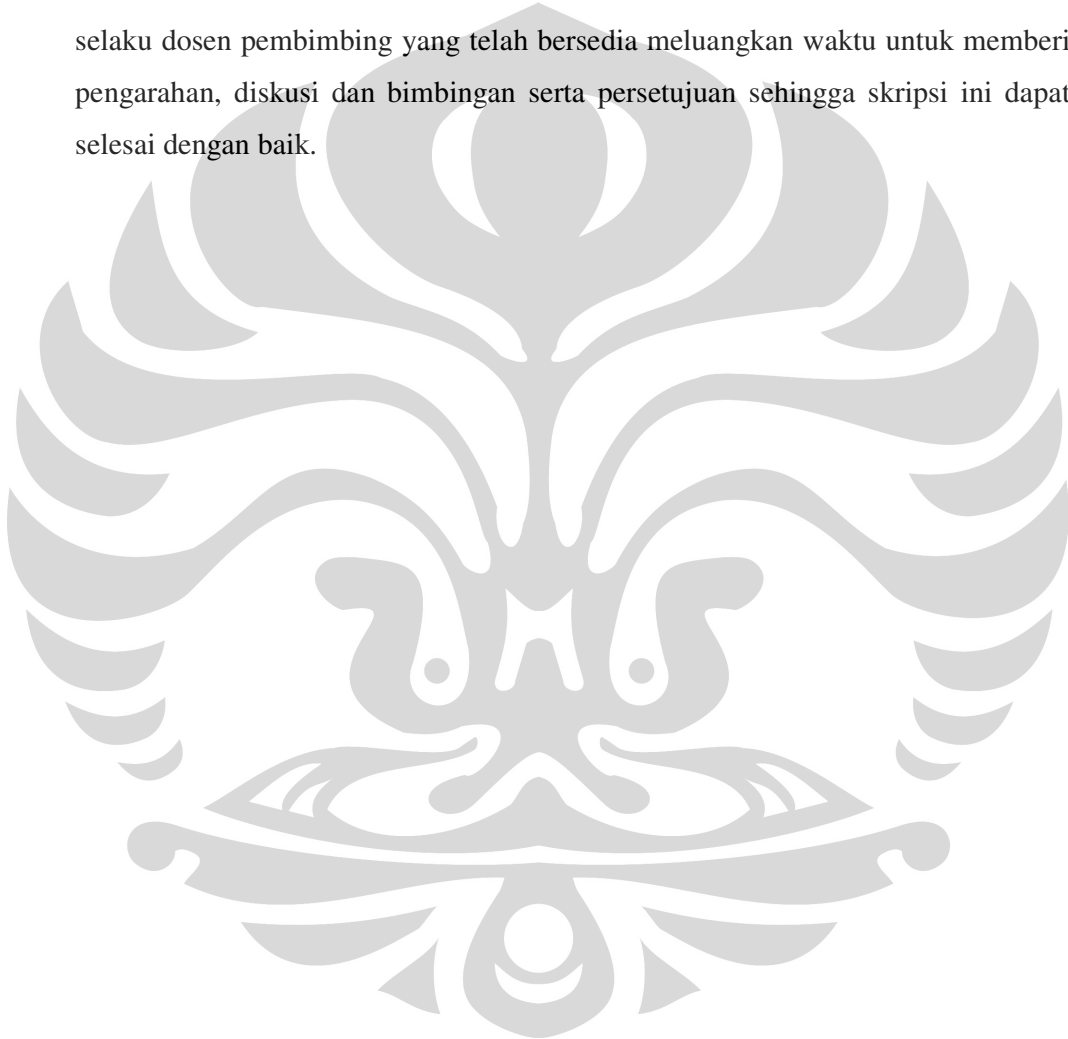
NIP 131286215

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada :

Ir.Rusdy Malin,MME

selaku dosen pembimbing yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberi pengarahan, diskusi dan bimbingan serta persetujuan sehingga skripsi ini dapat selesai dengan baik.



Andhi Saputra
0404080099
Departemen Teknik Mesin

Dosen Pembimbing
Ir. Rusdy Malin,MME

**TEKSTIL BERBAHAN POLYESTER
SEBAGAI BAHAN DUCTING
(PENGUJIAN BERDASARKAN ASTM D737-96)**

ABSTRAK

Saluran udara (*ducting*) merupakan bagian dari sistem pengkondisian udara yang berfungsi untuk mendistribusikan udara terkondisi ke ruangan yang akan dikondisikan.

Belakangan ini penggunaan *textile ducting* yang berbahan dasar tenunan serat polyester dapat menjadi sebuah alternatif sebagai media untuk pendistribusian udara terkondisi tersebut. Oleh karena itu pengujian permeabilitas perlu dilakukan untuk mengetahui kekedapan tekstil polyester yang akan digunakan sebagai *textile ducting* tersebut.

Textile ducting memiliki kelebihan baik dari segi teknis,ekonomis,kesehatan,maupun estetika. Dari segi teknis *textile ducting* telah memenuhi kriteria kenyamanan dan distribusi udara yang lebih baik,dari segi ekonomis *textile ducting* lebih murah dan mudah dalam instalasi dan pemeliharaan,dari segi kesehatan *textile ducting* dapat berfungsi sebagai filter udara,serta dari segi estetika *textile ducting* tersedia dalam pilihan warna yang beragam.

Sehingga penggunaan tekstil polyester yang memiliki sifat kedap udara dapat digunakan sebagai *textile ducting* berjenis *high-throw*.

**Kata Kunci : *Textile Ducting,Polyester,
High-hrow,Ducting,Permeabilitas.***

Andhi Saputra
0404080099
Departemen Teknik Mesin

Counsellor
Ir. Rusdy Malin,MME

**POLYESTER TEXTILE
AS DUCTING MATERIAL
(BASED ON ASTM D737-96 TEST)**

ABSTRACT

Ducting is a part of air conditioning as air distribution, textile ducting based on weaved polyester fiber have been used as alternative air ducting as of late, wick can distribute the conditioned air to the desire place.

Consequently, air permeability test have to do to determine the air permeability of polyester textile which will be used as textile ducting.

There are some technical, economic, health and esthetics advantages of textile ducting. From technical aspect textile ducting has meet the requirements of comfortable criterion and better air distribution, from economic aspect textile ducting has lower price, ease to install and maintain, from health aspect textile ducting can be functioned as air filter and from esthetical aspect textile ducting is available on various color.

So, The usage of polyester textile which have appropriate airproof properties is suitable as high-throw textile ducting application.

**Keywords : Textile Ducting, Polyester,
High-throw, Ducting, Permeability.**

DAFTAR ISI

Halaman	
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	ii
PENGESAHAN	iii
UCAPAN TERIMA KASIH	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR SINGKATAN	xvii
DAFTAR ISTILAH/SIMBOL	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 TUJUAN PENULISAN	2
1.3 PEMBATASAN MASALAH	2
1.4 METODOLOGI PENULISAN	2
1.5 SISTEMATIKA PENULISAN	2
Bab II DASAR TEORI	4
2.1 <i>CONVENTIONAL DUCTING DESIGN</i>	4
2.1.1 Pendahuluan	4
2.1.2 Analisa Psikrometrik	5
2.1.3 Klasifikasi Sistem Saluran Tata Udara	8
2.1.4 Komponen Sistem Saluran Tata Udara	9
2.1.5 Metode Untuk Menentukan Ukuran Saluran Tata Udara	11

2.1.5.1	<i>Velocity Reduction</i>	11
2.1.5.2	<i>Equal Friction</i>	11
2.1.5.3	<i>Static Regain</i>	12
2.2	POLYESTER	14
2.2.1	Serat polyester	14
2.2.2	Pembentukan Polymer	15
2.2.3	Sintetis Sebuah Polymer	15
2.2.3.1	<i>Polyester linier</i>	15
2.2.3.2	<i>Polymer bercabang dan hubungan-silang polymer</i>	16
2.2.4	Pembentukan Serat	16
2.2.4.1	<i>Proses Pemintalan</i>	16
2.2.4.2	<i>Proses Penarikan</i>	16
2.2.4.3	<i>Alur Produksi Serat Polyester</i>	17
2.2.4.4	<i>Produksi Polyester yang Terkini (Metode Penelitian)</i>	17
2.2.5	Komposisi Struktural Dari PET	18
2.2.6	Proses <i>Melt-Blown</i> Sebuah Polyester	21
2.2.7	Hubungan Antara Stuktur,Sifat dan Parameter Pengolahan Dari Sebuah Serat PET	21
2.2.8	Sifat-Sifat Serat Polyester	22
2.2.8.1	<i>Sifat-Sifat Mekanis</i>	22
2.2.8.2	<i>Sifat-sifat Kimia</i>	25
2.2.8.3	<i>Sifat-Sifat Optis</i>	26
2.2.8.4	<i>Sifat-Sifat Thermal</i>	26
2.2.8.5	<i>Sifat-Sifat Pencelupan</i>	28
2.2.8.6	<i>Sifat-Sifat Lainnya</i>	29
2.2.9	Aplikasi	30
2.3	PERMEABILITAS UDARA	32
2.4	TEXTILE DUCTING	33
2.4.1	Pendahuluan	33

2.4.2 Kelebihan dan Kekurangan <i>Textile Ducting</i>	34
2.4.3 Klasifikasi <i>Textile Ducting</i>	36
2.4.3.1 <i>Klasifikasi Berdasarkan Jenis Udara</i>	36
2.4.3.1.1 <i>Comfort-flow</i>	36
2.4.3.1.2 <i>High-Throw</i>	36
2.4.3.1.3 <i>Low-Throw</i>	37
2.4.3.2 <i>Berdasarkan Geometri</i>	37
2.4.3.2.1 <i>Circular Shape</i>	37
2.4.3.2.2 <i>D-Shape</i>	38
2.4.4 Jenis Bahan <i>Textile Ducting</i>	38
2.4.4.1 <i>Sedona</i>	39
2.4.4.2 <i>Tuftex</i>	39
2.4.4.3 <i>Polytex</i>	40
2.4.4.4 <i>Duratex</i>	40
2.4.4.5 <i>Stat-X</i>	41
2.4.4.6 <i>Microbe-X</i>	42
2.4.4.7 <i>Verona</i>	43
2.4.5 Jenis Suspensi <i>Textile Ducting</i>	43
2.4.5.1 <i>Tension Cable</i>	43
2.4.5.2 <i>Suspended H-Track</i>	44
2.4.5.3 <i>Flush Mount Track</i>	45
2.4.6 Desain Penampang <i>Textile Ducting</i>	45
2.4.7 Pemilihan Diameter <i>Textile Ducting</i>	46
2.4.7.1 <i>Silinder</i>	46
2.4.7.2 <i>D-Shape</i>	47
2.4.8 Perancangan <i>Textile Ducting</i>	48
2.4.8.1 <i>Penentuan Kapasitas Outlet</i>	50
2.4.8.2 <i>Penentuan Orientasi Outlet</i>	51
2.4.8.3 <i>Perancangan Desain Comfort Flow</i>	52
2.4.8.4 <i>Perancangan Desain High Throw</i>	54
2.4.9 Perencanaan Ducting	55
Bab III PROSES PENGUJIAN	57

3.1	PENGUJIAN PERMEABILITAS	57
3.1.1	Tempat dan Waktu Pegujian	57
3.1.2	Peralatan Pengujian	57
3.1.3	Bahan Pengujian	59
3.1.4	Rancangan Pengujian	59
3.1.5	Prosedur Penentuan Laju Alir Gas yang Menembus Membran	59
3.1.6	Pengujian	60
3.2	PENGUKURAN KECEPATAN UDARA PADA <i>ORIFICE</i>	62
3.2.1	Tempat dan Waktu Pengukuran	62
3.2.2	Peralatan Pengukuran	62
3.2.3	Prosedur Pengukuran	66
3.2.4	Perhitungan Debit Aliran Udara Pada Orifice	67
3.3	PENGUKURAN KELEMBABAN RELATIF	68
3.3.1	Tempat dan Waktu Pegukuran	68
3.3.2	Peralatan Pengukuran	68
3.3.3	Prosedur Pengukuran	69
3.4	PENIMBANGAN BERAT <i>TEXTILE DUCTING</i>	69
3.4.1	Tempat dan Waktu Penimbangan	69
3.3.2	Peralatan Penimbangan	69
3.4.3	Prosedur Penimbangan	70
Bab IV	ANALISA DATA	71
4.1	ANALISA UJI PERMEABILITAS	71
4.2	ANALISA PENGUKURAN KECEPATAN UDARA PADA <i>ORIFICE</i>	79
4.2.1	Pada Bahan Polyester Polyurethane Putih	79
4.2.2	Pada Bahan Taslan Balon Coklat/Putih	80
4.3	ANALISA DEBIT ALIRAN UDARA PADA <i>ORIFICE TEXTILE DUCTING</i>	81
4.3.1	Pada <i>Textile Ducting</i> Polyester Polyurethane Putih	81
4.3.2	Pada <i>Textile Ducting</i> Taslan Balon Coklat/Putih	81
4.4	ANALISA PENGUKURAN KELEMBABAN UDARA	82

4.5 ANALISA PENIMBANGAN BERAT <i>TEXTILE DUCTING</i>	84
Bab V KESIMPULAN DAN SARAN	86
4.1 KESIMPULAN	86
4.2 SARAN	87
DAFTAR ACUAN	88
DAFTAR PUSTAKA	89
LAMPIRAN	90



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Bagan psikrometrik	6
Gambar 2.2 Grafik psikrometrik	7
Gambar 2.3 Sistem Statik Udara	9
Gambar 2.4 Tekanan Statik Pada <i>Ducting</i>	10
Gambar 2.5 Analogi Perubahan Energi	13
Gambar 2.6 Serat Polyester	14
Gambar 2.7 Produksi sebuah polyethylene teraphthalate	15
Gambar 2.8. Alur produksi serat polyester	17
Gambar 2.9 Struktur kristal PET	20
Gambar 2.10 Kurva stress-strain untuk serat PET	24
Gambar 2.11 Kurva TDA	27
Gambar 2.12 Kurva TMA	27
Gambar 2.13 Proses Degradasi Thermal PET	28
Gambar 2.14 Ilustrasi pemisahan menggunakan membran	32
Gambar 2.15 Aplikasi Textile Ducting: (a) Industri, (b).Kolam Renang, (c). Toko, (d) Supermarket,(e) Gedung Olah raga, (f) Industri	34
Gambar 2.16 Model aliran udara <i>comfort flow</i>	36
Gambar 2.17 Model aliran udara <i>high throw</i>	37
Gambar 2.18 Model aliran udara <i>low throw</i>	37
Gambar 2.19 <i>Textile ducting</i> berbentuk <i>circular shape</i>	38
Gambar 2.20 <i>Textile ducting</i> berbentuk <i>D-shape</i>	38
Gambar 2.21 <i>Textile ducting</i> dengan bahan sedona	39
Gambar 2.22 <i>Textile ducting</i> dengan bahan tuftex	40
Gambar 2.23 <i>Textile ducting</i> dengan bahan polytex	40
Gambar 2.24 <i>Textile ducting</i> dengan bahan duratex	41
Gambar 2.25 <i>Textile ducting</i> dengan bahan Stat-X	42
Gambar 2.26 <i>Textile ducting</i> dengan bahan Microbe-X	42
Gambar 2.27 <i>Textile ducting</i> dengan bahan Verona	43

Gambar 2.28 <i>Snap clip</i>	44
Gambar 2.29 <i>Suspended H-Track</i>	44
Gambar 2.30 <i>Suspended flush mount track</i>	45
Gambar 2.31 Beberapa jenis Layout untuk instalasi <i>ducting</i>	46
Gambar 2.32 Jenis <i>inlet ducting</i>	48
Gambar 2.33 Beberapa jenis ukuran <i>Adjustable Flow Devices (AFD)</i>	49
Gambar 2.34 Beberapa pemasangan AFD	49
Gambar 2.35 beberapa jenis layout untuk <i>instalasi ducting</i>	51
Gambar 2.36 Pengaruh jangkauan aliran terhadap posisi <i>ducting</i>	52
Gambar 3.1 Sel permeasi	58
Gambar 3.2 Alat tes permeabilitas	58
Gambar 3.3 Skema uji permeabilitas	60
Gambar 3.4 Saat proses pengujian	61
Gambar 3.5 Dimensi alat <i>Plug-in Refrigeration</i> unit GEKN 1200	63
Gambar 3.6 Letak alat <i>Plug-in refrigeration</i> unit GEKN 1200	64
Gambar 3.7 <i>Tekstil ducting</i> yang diuji	65
Gambar 3.8 <i>Nozzle</i>	65
Gambar 3.9 Anemometer yang digunakan	66
Gambar 3.10 Skema uji pengamatan aliran udara pada <i>orifice</i>	67
Gambar 3.11 Saat proses pengukuran	67
Gambar 3.12 Psikrometer yang digunakan	68
Gambar 3.13 Skema uji kelembaban relatif	69
Gambar 3.14 Jenis timbangan yang digunakan	70
Gambar 3.15 Skema uji penimbangan	70
Gambar 5.1 Grafik permeabilitas parasut ospor.	73
Gambar 5.2 Grafik laju permeasi parasut ospor.	73
Gambar 5.3 Grafik permeabilitas saten velvet.	73
Gambar 5.4 Grafik laju permeasi saten velvet.	74
Gambar 5.5 Grafik permeabilitas parasut ospor.	75
Gambar 5.6 Grafik laju permeasi parasut ospor.	76
Gambar 5.7 Grafik permeabilitas saten velvet.	76
Gambar 5.8 Grafik laju permeasi saten velvet.	76

Gambar 5.9	Grafik permeabilitas parasut ospor.	78
Gambar 5.10	Grafik laju permeasi parasut ospor.	78
Gambar 5.11	Grafik permeabilitas saten velvet	79
Gambar 5.12	Grafik laju permeasi saten velvet.	79
Gambar L. 3	<i>Textile Ducting</i> digunakan di Makro Ciputat	100

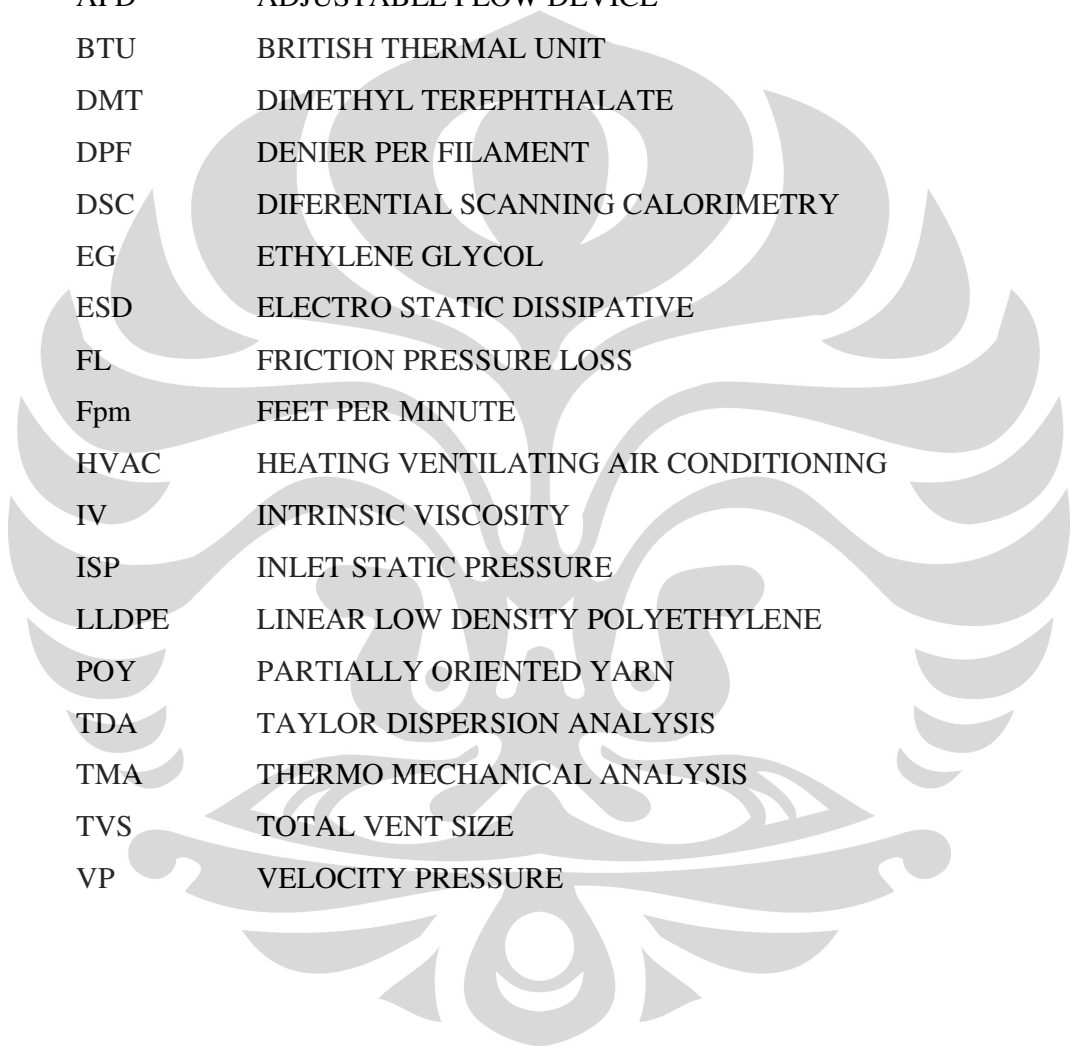


DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1	Pengelompokkan sistem saluran udara. 8
Tabel 2.2	Kristalinitas dari sebuah serat polyester. 19
Tabel 2.3	Sifat-sifat fisik sebuah serat polyester. 23
Tabel 2.4	Maksimum panjang <i>ducting</i> . 45
Tabel 2.5	Diameter <i>ducting</i> dan kapasitas aliran udara (cfm) untuk jenis silinder. 47
Tabel 2.6	Penentuan kapasitas aliran udara (cfm) seri <i>D-Shape</i> . 48
Tabel 2.7	Pemilihan diameter <i>inlet ducting</i> seri <i>D-shape</i> . 48
Tabel 2.8	Nilai <i>fabric porosity</i> pada tiap jenis <i>ducting</i> . 51
Tabel 2.9	Kecepatan udara <i>outlet</i> setiap ukuran penampang <i>S-vent</i> . 53
Tabel 2.10	Kecepatan <i>outlet</i> udara tiap ukuran penampang <i>mesh vent ducting</i> . 54
Tabel 2.11	Kecepatan udara <i>outlet</i> pada setiap ukuran <i>orifice</i> . 55
Tabel 2.12	Perhitungan 1 (panjang <i>ducting</i> 3 m = 9,84249 ft). 56
Tabel 4.1	Permeabilitas taslan balon 1. 71
Tabel 4.2	Permeabilitas taslan balon 2. 71
Tabel 4.3	Permeabilitas polyester 70d. 72
Tabel 4.4	Permeabilitas parasut ospor. 72
Tabel 4.5	Permeabilitas saten velvet. 72
Tabel 4.6	Permeabilitas taslan balon 1. 74
Tabel 4.7	Permeabilitas taslan balon 2. 74
Tabel 4.8	Permeabilitas polyester 70d. 75
Tabel 4.9	Permeabilitas parasut ospor. 75
Tabel 4.10	Permeabilitas saten velvet. 75
Tabel 4.11	Permeabilitas taslan balon 1. 77
Tabel 4.12	Permeabilitas taslan balon 2. 77
Tabel 4.13	Permeabilitas polyester 70d. 77
Tabel 4.14	Permeabilitas parasut ospor. 78
Tabel 4.15	Permeabilitas saten velvet. 78

Tabel 4.16	Distribusi kecepatan udara pada <i>orifice</i> polester polyurethane putih arah jam 8.	79
Tabel 4.17	Distribusi kecepatan udara pada <i>orifice</i> polester polyurethane putih arah jam 4.	80
Tabel 4.18	Distribusi kecepatan udara pada <i>orifice</i> taslan balon coklat/putih arah jam 8.	80
Tabel 4.19	Distribusi kecepatan udara pada <i>orifice</i> taslan balon coklat/putih arah jam 4.	80
Tabel 4.20	Distribusi debit aliran udara pada <i>orifice</i> polyester polyurethane putih arah jam 8.	81
Tabel 4.21	Distribusi debit aliran udara pada <i>orifice</i> polyester polyurethane putih arah jam 4.	81
Tabel 4.22	Distribusi debit aliran udara pada <i>orifice</i> taslan balon coklat/putih arah jam 8.	81
Tabel 4.23	Distribusi debit aliran udara pada <i>orifice</i> taslan balon coklat/putih arah jam 4.	82
Tabel 4.24	Data suhu lingkungan dan suhu ruangan pada suhu mesin 7°C.	82
Tabel 4.25	Data suhu lingkungan dan suhu ruangan pada suhu mesin 10°C.	83

DAFTAR SINGKATAN



AP	AVERAGE PRESSURE
ASTM	AMERICAN STANDARD TESTING MATERIAL
PET	POLYETHYLENE TERAPHTHALATE
AFD	ADJUSTABLE FLOW DEVICE
BTU	BRITISH THERMAL UNIT
DMT	DIMETHYL TEREPTHALATE
DPF	DENIER PER FILAMENT
DSC	DIFERENTIAL SCANNING CALORIMETRY
EG	ETHYLENE GLYCOL
ESD	ELECTRO STATIC DISSIPATIVE
FL	FRICTION PRESSURE LOSS
Fpm	FEET PER MINUTE
HVAC	HEATING VENTILATING AIR CONDITIONING
IV	INTRINSIC VISCOSITY
ISP	INLET STATIC PRESSURE
LLDPE	LINEAR LOW DENSITY POLYETHYLENE
POY	PARTIALLY ORIENTED YARN
TDA	TAYLOR DISPERSION ANALYSIS
TMA	THERMO MECHANICAL ANALYSIS
TVS	TOTAL VENT SIZE
VP	VELOCITY PRESSURE

DAFTAR ISTILAH/SIMBOL

Simbol	Keterangan	Dimensi
A	Luas penampang <i>flowmeter</i>	cm ²
A _m	Luas penampang membran	cm ²
d	Diameter <i>Ducting</i>	inch
$\frac{dl}{dt}$	Jarak yang ditempuh untuk waktu tertentu	cm s ⁻¹
ΔH	Panas pembentukan	Cal/g
L	Panjang <i>Ducting</i>	ft
T	Suhu pengukuran	°C
T _g	Temperatur transisi glass	°C
T _m	Temperatur leleh	°C
P _i	Tekanan masuk umpan	cmHg
P _o	Tekanan masuk permeat	cmHg
$\frac{P}{l}$	laju permeasi	cm ³ (STP).cm ⁻² .s ⁻¹ .cmHg ⁻¹
Q	Laju alir udara menembus membran	cm ³ s ⁻¹
Q _{STP}	Laju alir udara permeat pada kondisi STP	cm ³ _(STP) .s ⁻¹
V	Kecepatan	fpm
V _{in}	Volume aliran udara <i>inlet</i>	cfm
V _{orifice}	Volume aliran udara <i>outlet</i> pada <i>orifice</i>	cfm

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1	<i>TUFTEX SPECIFICATION</i>
LAMPIRAN 2	TABEL REKOMENDASI <i>TEXTILE DUCTING</i> UNTUK DESAIN
LAMPIRAN 3	TABEL KOEFISIEN GESEK POLYESTER
LAMPIRAN 4	TEKSTIL POLYESTER YANG DIGUNAKAN PADA PENGUJIAN
LAMPIRAN 5	PERHITUNGAN BIAYA PEMBUATAN <i>TEXTILE DUCTING</i>
LAMPIRAN 6	GAMBAR-GAMBAR SURVEY <i>TEXTILE DUCTING</i>
LAMPIRAN 7	DATA TEKNIS <i>REFRIGERATION UNIT</i> .
LAMPIRAN 8	<i>DUCSOX ENGINEERING AND DESIGN MANUAL</i>
LAMPIRAN 9	DATA TEKNIS ANEMOMETER
LAMPIRAN 10	DATA TEKNIS TIMBANGAN
LAMPIRAN 11	ASTM D373-96.

BAB I

PEDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Penyegaran udara merupakan suatu proses mendinginkan udara sehingga mencapai temperatur dan kelembaban yang ideal. Cara memperoleh udara segar dari alam adalah dengan cara memberikan bukaan pada daerah yang diinginkan dan memberikan ventilasi yang sifatnya menyilang. Udara yang nyaman mempunyai kecepatan rata-rata 0,25m/detik hingga 0,4m/detik^[1], dengan suhu/temperatur kurang dari 30°C dan banyak mengandung O₂, selain itu untuk mendistribusikan udara agar terdistribusi secara merata pada suatu ruangan maka diperlukannya sebuah saluran udara agar udara dapat terdistribusi secara merata.

Penggunaan *textile ducting* sebagai alat pendistribusian udara didalam ruangan menjadi alternatif pada pemilihan *ducting* yang selama ini didominasi oleh *ducting* berbahan metal. *Textile ducting* merupakan suatu alat bantu penyebaran udara yang dibuat khusus sebagai pengganti *ducting* dan *diffuser* sekaligus, banyak kekurangan pada *diffuser* dan *ducting* dapat diatasi dengan alat ini.

Textile ducting memiliki kelebihan baik dari segi teknis, ekonomis, kesehatan, maupun estetika. Dari segi teknis *textile ducting* telah memenuhi kriteria kenyamanan dan distribusi udara yang lebih baik, dari segi ekonomis *textile ducting* lebih murah dan mudah dalam instalasi dan pemeliharaan, dari segi kesehatan *textile ducting* dapat berfungsi sebagai filter udara, serta dari segi estetika *textile ducting* tersedia dalam pilihan warna yang beragam.

Selama ini *textile ducting* yang banyak digunakan sebagian besar berasal dari luar negeri dimana untuk membelinya harus mengimport barang tersebut, oleh karena itu dengan dilakukannya penelitian ini maka diharapkan nantinya akan dapat menentukan bahan *ducting* yang cocok dan dengan mudah tersedia dipasaran dalam negeri.

1.2 TUJUAN PENULISAN

Tujuan penulisan tugas akhir mengenai *textile ducting* ini secara khusus adalah untuk mengetahui permeabilitas tekstil berbahan polyester yang akan digunakan sebagai *textile ducting*.

Secara umum tujuan penulisan tugas akhir ini adalah untuk melengkapi syarat kelulusan sebagai Sarjana Teknik Mesin Universitas Indonesia.

1.3 PEMBATAAN MASALAH

Untuk memberikan fokus utama dalam pembahasan serta perhitungan tugas akhir ini, batasan masalah yang diperlukan adalah:

- Jenis bahan tekstil polyester yang diuji adalah telah ditentukan sebelumnya.
- Penelitian hanya bertujuan untuk mengetahui permeabilitas tekstil polyester.
- Jenis *textile ducting* yang digunakan adalah *textile ducting* jenis *High-Throw* dengan *orifice*.
- Tidak melakukan perbandingan unjuk kerja terhadap *ducting* berbahan metal.

1.4 METODOLOGI PENULISAN

Pada penulisan tugas akhir ini, penulis menggunakan beberapa metoda yaitu dengan studi pustaka dan eksperimentasi. Bahan literturnya didapatkan dari buku-buku perpustakaan, skripsi-skripsi terdahulu, maupun informasi yang didapat dari internet. Selain studi pustaka, penulis juga melakukan observasi ke pusat perbelanjaan Makro, Makro Ciputat merupakan suatu tempat yang memakai sistim distribusi udara menggunakan *textile ducting*.

1.5 SISTEMATIKA PENULISAN

Penulisan tugas akhir ini disusun secara berkelanjutan agar antara bab yang satu dan yang lain saling mendukung. Adapun sistematika penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- **Bab I Pendahuluan**

Pada bab ini berisikan tentang latar belakang, tujuan penulisan, pembatasan masalah dan metodologi pengujian serta sistematika penulisan.

- **Bab II Landasan Teori**

Pada bab ini berisikan tentang teori tentang *conventional ducting design*, polyester, permeabilitas udara, *textile ducting*.

- **Bab III Proses Pengujian**

Pada bab ini berisikan tentang proses pengujian yang dilakukan, tempat dan waktu pengujian, peralatan pengujian, bahan uji, rancangan pengujian, prosedur kerja hingga pengujian bahan uji

- **Bab IV Analisa Data**

Pada bab ini berisikan analisa terhadap pengujian yang telah dilakukan serta hasil pengamatan yang didapat.

- **Bab V Kesimpulan dan Saran**

Pada bab ini berisikan kesimpulan yang didapat selama pengujian dan saran yang diberikan berdasarkan hasil pengujian dilakukan.

BAB II

DASAR TEORI

2.1 CONVENTIONAL DUCTING DESIGN

2.1.1 Pendahuluan

Fungsi dasar dari sebuah pendistribusian udara adalah untuk menyalurkan udara dari peralatan pengkondisian tata udara kepada tempat yang diinginkan untuk dikondisikan. Sebuah sistem saluran udara/*ducting* pada sebuah gedung biasanya terletak tersembunyi seperti sistem perkabelan listrik. Secara normal tak ada satu pun yang dapat mengetahui kerja dari saluran udara untuk memastikan tercapainya performa yang optimal. Tetapi dengan putusnya sekering karena pembebanan yang berlebih pada rangkaian listrik atau mengetahui ketidakcukupan udara pada sebuah ruangan untuk mencapai beban pendinginan udara maka kita dapat mengetahui secara cepat ketidakcukupan dari sebuah desain. Jika seorang perancang tata udara hanya mempertimbangkan sebuah fungsi yakni hanya mengalirkan udara ke sebuah ruangan tertentu tentunya pekerjaan ini amatlah mudah. Didalam perancangan sebuah sistem seorang perancang harus memperhatikan lima hal penting, yakni:

1. Ruang yang tersedia : dalam sebuah gedung atau hotel, sebuah ruangan adalah hal yang amat penting sedangkan dalam sebuah pabrik ruang untuk instalasi adalah hal yang tidak terlalu penting. Maka dari itu sistem tata udara pada kedua tempat tersebut adalah dua hal yang berbeda untuk dipertimbangkan.
2. Tingkat kebisingan : tingkat kebisingan yang tak diizinkan pada sebuah ruangan dapat menjadi sebuah pertimbangan utama dalam perancangan sebuah sistem tata udara. Dalam mendesain tata udara sebuah stasiun radio ataupun stasiun televisi memiliki persyaratan redaman udara yang tinggi daripada sebuah kantin, maka dari itu seorang perancang harus mengetahui persyaratan dalam mendesain sebuah sistem tata udara.
3. *Friction loss*/Kerugian gesekan : gesekan pada sistem tata udara atau sebuah hambatan pada sebuah aliran udara harus diperhatikan dalam sebuah batasan praktis. Kerugian karena gaya gesek sangat berarti bagi

pemilik desain, karena ini berhubungan dengan biaya yang akan dikeluarkan oleh pemilik. Seorang perancang haruslah mengontrol kerugian karena gaya gesek pada rancangannya, selain itu juga harus mengontrol biaya operasi tahunan pada sistem tata udara yang ia buat.

4. Biaya awal : setiap orang tahu bahwa setiap desain sebuah sistem harus memperhatikan biaya awal. Seseorang yang mengerti dan mengaplikasikan prinsip dari sebuah perancangan tata udara yang baik tentunya dapat menggambarkan sebuah sistem yang baik tetapi juga memiliki biaya awal yang rendah.
5. Kerugian panas dan panas tambahan : panas tambahan atau kerugian panas pada sebuah sistem tata udara dapat terjadi cukup signifikan. Jika saja sebuah sistem dirancang untuk menyalurkan udara ke sebuah ruangan dengan suhu 60°F tetapi karena peningkatan panas maka temperatur dapat menjadi 64°F, bahkan lebih maka tujuan dari pendinginan tidak dapat dicapai. Maka seorang perancang harus mempertimbangkan hal ini untuk kepuasan pelanggan.

Maka setelah dipenuhinya seluruh faktor diatas dalam merancang sebuah sistem tata udara yang baik.

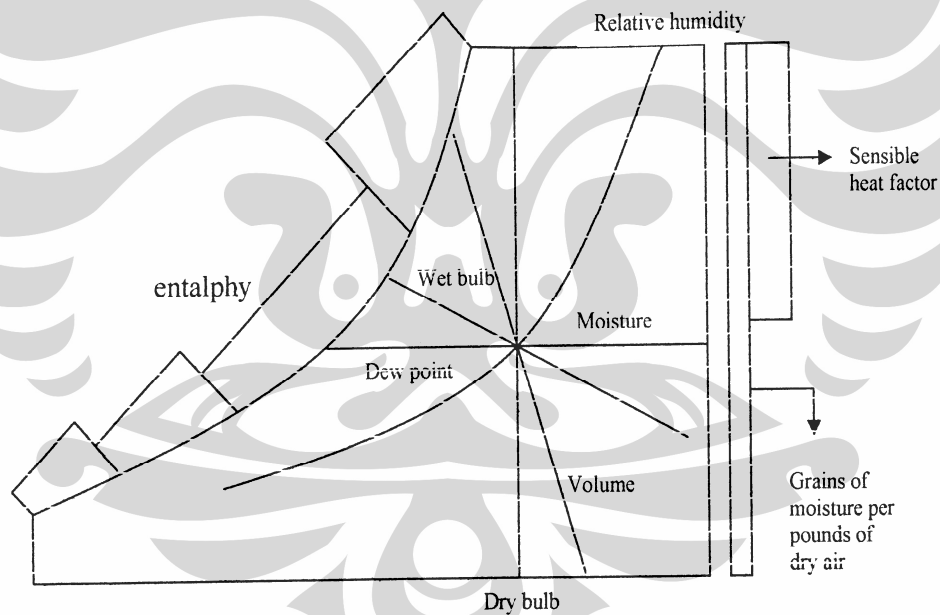
Oleh karena itu tujuan utama seorang perancang adalah untuk dapat merancang sebuah sistem tata udara pada sebuah ruangan yang ditentukan dan juga memenuhi batasan kebisingan. Selain itu juga memenuhi aspek ekonomis dalam pengoperasiannya maupun dalam investasi biaya awal yang dibutuhkan dan dapat mengalirkan udara yang cukup pada suhu udara yang semestinya untuk memenuhi kriteria pengkondisian tata udara sebuah ruangan.

2.1.2. Analisa Psikometri

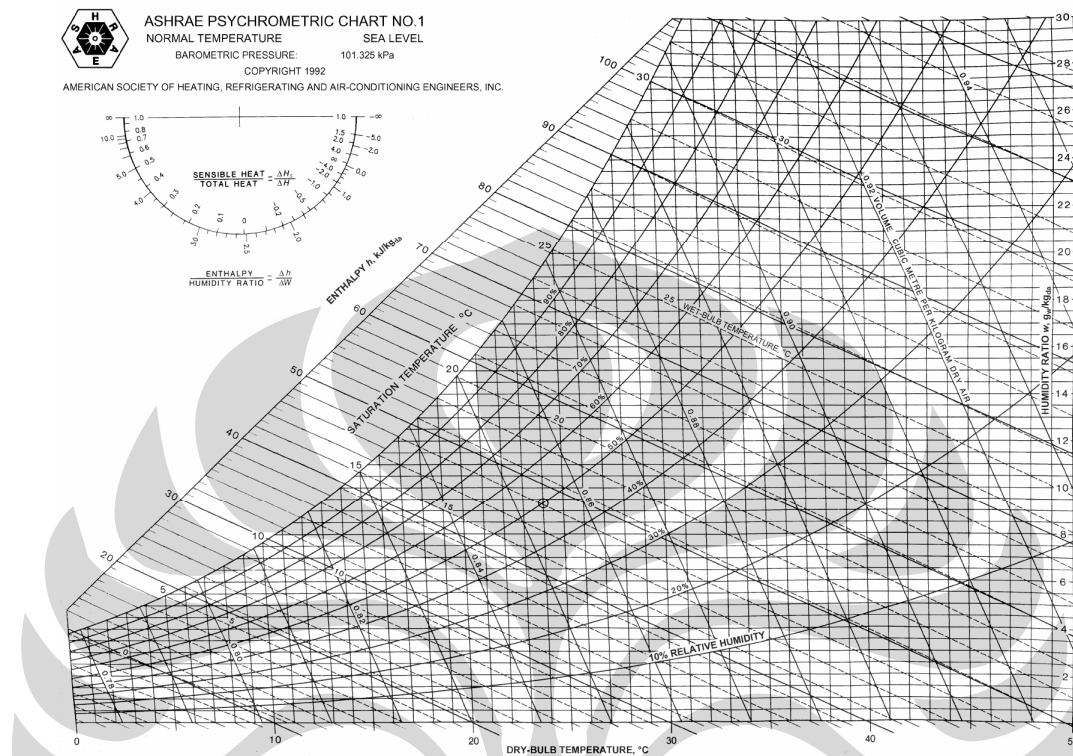
Selain memperhatikan aspek teknis dalam perancangan sebuah tata udara, seorang perancang juga harus memperhatikan aspek lingkungan. Yaitu dengan melakukan analisa psikometrik, dimana analisa ini dilakukan untuk mengetahui sampai sejauh mana kondisi nyaman diperlukan serta kebutuhan aliran udara yang dikondisikan di dalam ruangan.

Psikrometri merupakan kajian tentang sifat-sifat campuran udara dan uap air, yang mempunyai arti penting di dalam bidang teknik pengkondisian udara, karena udara atmosfer tidak kering betul tetapi merupakan campuran antara udara dan uap air. Pada beberapa proses pengkondisian udara, kandungan air sengaja disingkirkan dari udara, tetapi pada proses lain, air ditambahkan. Prinsip-prinsip psikometrik akan diterapkan dalam perhitungan beban, sistem-sistem pengkondisian udara, koil pendingin udara dan pengurangan kelembaban, menara pendingin (*cooling towers*), dan kondensor penguapan.

Sedangkan pada tulisan ini aplikasi psikometrik dilakukan untuk mengetahui besarnya kelembaban yang terjadi pada ruangan pada saat pengkondisian temperatur ruangan pada suhu 7°C dan 10°C serta mengetahui besarnya kelembaban relatif lingkungan pada saat dan akhir dilakukannya pengkondisian udara.



Gambar 2.1. Bagan psikrometrik



Gambar 2.2. Grafik psikrometrik

Dari gambar diagram psikrometrik dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. *Dry-bulb temperature* adalah temperatur udara yang ditunjukkan oleh termometer biasa^[3].
2. *Wet-bulb temperature* adalah temperatur udara yang ditunjukkan oleh termometer yang ujungnya dibungkus oleh sumbu basah dan dialirkan oleh udara yang bergerak^[3].
3. *Dewpoint temperature* adalah suhu dimana uap udara mulai terjadi kondensasi ketika udara didinginkan^[3].
4. *Relative humidity* adalah perbandingan antara tekanan uap air udara terhadap tekanan uap air saturasi udara pada temperatur yang sama^[3].

5. *Specific humidity* adalah berat uap air per satuan berat udara kering^[3].
6. *Enthalpy* adalah sifat termodinamika yang menunjukkan kandungan energi per satuan berat dalam satuan *Btu per pound* udara kering^[3].

2.1.3. Klasifikasi Sistem Saluran Tata Udara

Pada pengelompokan sebuah sistem saluran udara dapat dibagi menjadi beberapa tipe, yakni^[2]:

DUCT DESIGN CLASSIFICATIONS & TERMINOLOGY	
DUCT VELOCITIES	
LOW VELOCITY	HIGH VELOCITY
MAINS - 1000 - 2400 FPM BRANCHES - 600 - 1600 FPM	MAINS - 2500 - 4500 FPM BRANCHES - 2000 - 4000 FPM
AIR OUTLETS	
LOW PRESSURE OUTLETS	HIGH PRESSURE TERMINALS
STATIC PRESSURES 0.1 - 0.5"	STATIC PRESSURES 1.0" - 3.0"
CONSTRUCTION	
CONVENTIONAL DUCTWORK	SPIRAL CONDUIT

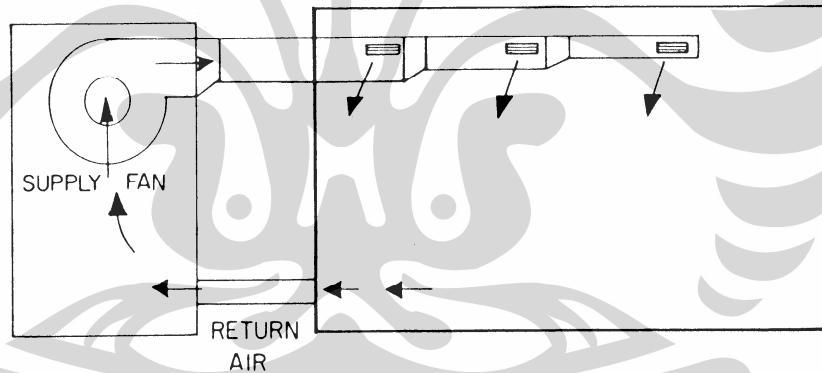
Tabel 2.1. Pengelompokan sistem saluran udara

Sistem saluran udara dikelompokkan atas sistem kecepatan rendah dan juga sistem kecepatan tinggi. Pada sebuah sistem berkecepatan rendah, saluran utama dirancang untuk kecepatan 1000 – 2000 feet per menit. Sedangkan saluran pada percabangan beroperasi pada kecepatan 600 – 1600 feet per menit. Sedangkan pada sistem berkecepatan tinggi saluran utama dirancang untuk kecepatan 2500 – 4500 feet per menit sedangkan pada percabangan beroperasi pada kecepatan 2000 – 4000 feet per menit. Ketika dalam perancangan saluran udara menggunakan dua buah tipe kecepatan, maka arus menggunakan saluran keluaran yang berbeda pula. Pada sistem dengan tekanan rendah maka *grill* atau *difuser* ditempatkan langsung pada saluran yang beroperasi pada tekanan 0,1 – 0,5 inH₂O. Sambungan tekanan tinggi seperti yang digunakan pada sistem saluran

atau sistem saluran ganda berkecepatan tinggi akan beroperasi pada tekanan 0,1 – 3,0 inH₂O. Konstruksi saluran pun akan berbeda untuk kedua jenis sistem ini. Sistem dengan kecepatan rendah secara normal beroperasi pada tekanan dibawah $3\frac{3}{4}$ ”W.G. dan menggunakan konstruksi segi empat konvensional. Sambungan biasanya menggunakan batang S ataupun jenis *pocket slip* atau jenis sambungan *slip* yang diperkuat. Sistem berkecepatan tinggi yang secara normal beroperasi pada tekanan yang lebih tinggi diatas $3\frac{3}{4}$ ” tekanan statik menggunakan saluran spiral atau saluran segi empat yang diperkuat dengan sambungan gasket (*packing*) atau dilas.

2.1.4. Komponen Sistim Distribusi Tata Udara

Pada sebuah sistem statik udara yang simpel dapat digambarkan sebagai berikut ini:



Gambar 2.3. Sistem Statik Udara

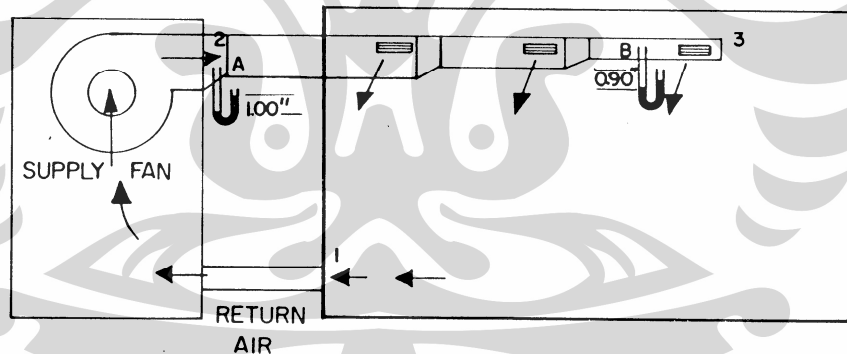
Pada sistem ini terdiri dari sebuah suplai fan, saluran, sambungan transisi, *grill* keluaran dan saluran untuk udara balik. Misalkan saja kipas mengambil udara pada ruangan dengan kecepatan 25 feet per menit. Setelah melewati sistem udara balik kipas menghasilkan kecepatan udara sebesar 1500 feet per menit, pada proses ini dari titik 1 ke titik 2 ada empat hal yang telah terjadi pada udara, yakni:

1. Kecepatan meningkat.
2. Tekanan statis meningkat.

3. Temperatur meningkat.
4. Udara sedikit ditekan.

Empat hal diatas mewakili kerja dari kipas yang dilakukan. Pada aplikasi pengkondisian udara tidak memperhatikan pada tekanan sebuah udara. Karena tekanan yang terjadi amatlah kecil. Panas yang meningkat karena kerja dari kipas dihitung dalam sistem BTU (*british termal unit*). Tetapi kecepatan dan tekanan statis kipas pada titik 2 adalah dua faktor yang harus diperhatikan dalam merancang sebuah saluran tata udara. Penggabungan kedua faktor ini dalam sistem saluran tata udara untuk menghasilkan tekanan total yang dihasilkan dari tekanan statis dan tekanan akibat kecepatan.

Tekanan statis pada saluran udara dan pada gaya yang bekerja pada *grill* pada udara yang melalui *grill*. Pemilihan pada *grill* ini didasarkan pada banyaknya udara pada kecepatan keluaran yang diberikan dan tekanan statis. Jika tekanan statis pada titik 2 hingga titik 3 konstan, maka kita dapat mengatur baling-baling pada setiap keluaran dengan cara yang sama dan mendapatkan besarnya udara dengan performa yang sama.



Gambar 2.4. Tekanan Statis Pada *Ducting*

Jika kita ingin mengetahui tekanan statis udara yang mengalir pada saluran maka katakan saja 1,0" pada point A dan 0,9" pada point B, jadi terjadi kerugian sebesar 0,1" pada tekanan statis yang terjadi antar kedua titik ini karena gesekan yang terjadi pada saluran.

Jalur keluaran pada bagian ujung akhir saluran menghantarkan udara yang lebih sedikit dari pada bagian ujung awal saluran jika ukuran keluaran memiliki ukuran yang sama. Maka dari itu seorang perancang harus dapat memprediksi

kerugian-kerugian pada sistem saluran tata udara untuk dapat menghantarkan jumlah udara yang tepat pada ruangan yang ingin dikondisikan.

2.1.5. Metode Untuk Menentukan Ukuran Saluran Tata Udara

Dalam penentuan ukuran sebuah saluran tata udara, terdapat tiga buah metode, yakni:

1. *Velocity reduction.*
2. *Equal friction.*
3. *Static regain.*

Pada metode *velocity reduction*, kecepatan awal dipilih pada kipas keluaran. Penurunan kecepatan yang berubah-ubah dilakukan untuk mengoptimalkan kerja saluran tata udara. Setiap penentuan ukuran bagian saluran menggunakan rumus

$$V = \frac{Q}{A} \dots\dots\dots (II.1)$$

Pada metode *equal friction* setiap bagian saluran dirancang untuk memiliki kerugian gesek saluran pada setiap feet nya.

Pada metode *static regain* setiap bagian saluran dirancang untuk peningkatan tekanan statik (*static pressure*(s.p)) yang disebabkan oleh peningkatan kembali karena penurunan kecepatan, yang bertujuan untuk mengganti kerugian karena kerugian gesek pada bagian saluran berikutnya. Untuk mengetahui kekurangan dan kelebihan dari setiap metode dan kapan metode tersebut cocok digunakan, maka akan dibahas sebagai berikut ini:

2.1.5.1. *Velocity Reduction*

Adalah sebuah metode yang berubah-ubah, metode ini direkomendasikan hanya untuk para perancang yang sudah berpengalaman dalam merancang sebuah

saluran tata udara, dimana sudah memiliki insting yang kuat dalam penentuan antara reduksi kecepatan dengan panjang bagian saluran, kecepatan saluran dan faktor-faktor yang serupa.

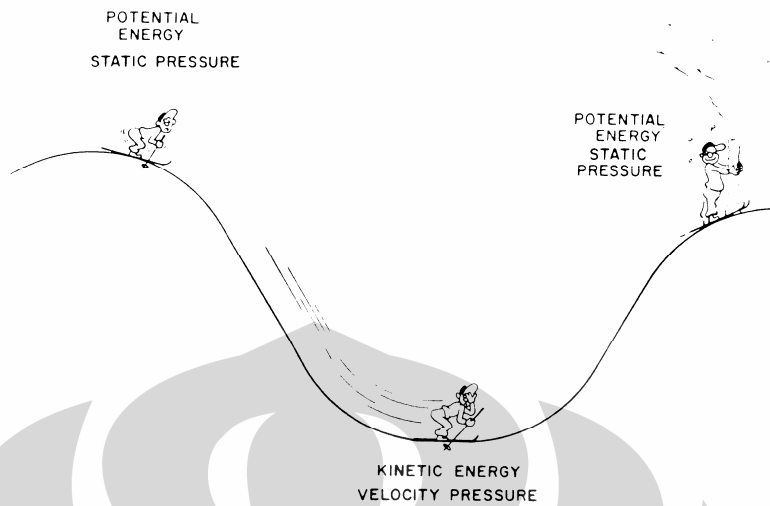
2.1.5.2. *Equal Friction*

Metode ini adalah metode yang paling banyak digunakan belakangan ini. Metode ini digunakan untuk mengukur besarnya suplai, pengembalian dan pengeluaran udara pada sebuah sistem tata udara. Metode ini berdasarkan pada penggunaan besarnya kerugian gesek atau besarnya gesekan per feet setiap satuan panjang pada seluruh sistem. Metode ini jauh lebih baik dari pada metode *velocity reduction* karena membutuhkan penyeimbangan untuk layout saluran yang simetris.

Pada sebuah sistem tata udara, yang dirancang menggunakan metode *equal friction*, kerugian gesek yang diperhitungkan pada salah satu titik ujung ke titik lainnya tidak sebesar yang dihitung. Ketika udara melewati saluran maka kecepatannya akan menurun. Kecepatan ini mewakili energi. Karena energi itu tak dapat dibuat atau diciptakan maka total energi yang sama harus tetap tersedia. Pada kenyataannya ketika kecepatan berkurang maka akan ada perubahan tekanan kecepatan menjadi tekanan statis. Tekanan ini menigkat sebagian akan mengganti kerugian gesekan pada bagian-bagian berikutnya.

2.1.5.3. *Statik Regain* Pada Saluran Tata Udara

Untuk menggambarkan konsep perubahan energi pada metode *statik regain* untuk sebuah saluran tata udara, kita dapat menganalogikan pada sebuah permainan ski. Ketika pemain ski berada pada sebuah puncak bukit maka ia memiliki energi potensial, sedangkan ketika ia menuruni lereng seluruh energi potensialnya akan dirubah menjadi energi kinetik hingga berada tepat dipermukaan lembah, tetapi energi kinetik tersebut akan dirubah kembali menjadi energi potensial, sehingga ia akan dapat kembali menaiki puncak bukit. Tetapi karena adanya hambatan gesekan dan tahanan angin maka ada energi yang hilang, sehingga ia tak dapat mencapai ketinggian puncak yang sama, seperti yang diilustrasikan pada gambar dibawah ini.



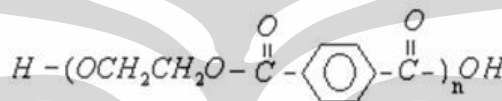
Gambar 2.5. Analogi Perubahan Energi

Hal ini berlaku juga pada perubahan energi yang terjadi didalam saluran tata udara, dimana tekanan statik berlaku sebagai energi potensial. Ketika udara mengalir pada saluran dengan menaikkan tekanan-kecepatan, maka akan menurunkan tekanan statik. Demikian juga jika menurunkan aliran kecepatan ketika melewati saluran, maka akan meningkatkan tekanan statik. Dalam perhitungan regain, kita tak dapat mengharapkan efisiensi *regain* 100%. kerugian karena terjadinya turbulensi, konstruksi *ducting* itu sendiri dan sebab lainnya akan mengurangi besarnya *regain* ini.

2.2. POLYESTER

2.2. 1. Serat Polyester

Serat polyester adalah “ serat yang dihasilkan dimana substansi/bahan pembentuknya adalah sebuah polimer sintesis berantai panjang yang terdiri sekurang-kurangnya 85% berat ester dari sebuah dihidrilic alkohol (HOROH) dan asam terephthalic (p-HOOC-C₆H₄COOH)^[7]”. Penggunaan yang paling umum dari sebuah serat polyester adalah dibuat dari linear polymer poly (ethylene terephthalate), dan golongan dari jenis polyester ini sering disebut dengan PET. Memiliki kekuatan yang tinggi, modulus yang tinggi, tidak mudah menyusut, tahan temperatur tinggi, tahan cuci dan tahan terhadap bahan kimia.

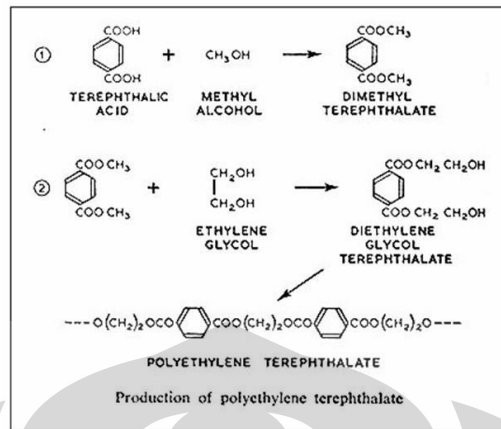


Gambar 2.6. Stuktur kimia serat polyester

2.2.2. Pembentukan Polymer

Polyethylene Terephthalate (PET) adalah sebuah kondensasi polymer dan diproduksi secara industri dari asam terephthalic atau dimethyl terephthalate dengan ethylene glicol. Serat polyester yang lainnya yang diperhatikan dari dasar yang tidak dirajut antara lain :

- Asam Terephthalic (PTA), secara langsung diproduksi dari p-xylene dengan bromide yang dikontrol oksidasinya.
- Dimethyl Terephthalate (DMT), dibuat pada tahap awal dengan cara esterifikasi dari asam terephthalic. Tapi sebuah proses yang berbeda yang melibatkan dua tahap oksidasi dan esterifikasi sekarang dihitung untuk kebanyakan DMT.
- Ethylene Glycol (EG) awalnya dibuat sebagai produk pertengahan dengan cara oksidasi dari ethylen. Lebih jauh lagi ethylene glycol didapat dengan cara reaksi dari ethylene oxide dengan air.



Gambar 2.7. Produksi sebuah polyethylene teraphthalate

2.2.3. Sintesis Sebuah Polymer

2.2.3.1 Polyester linier

Perwakilan sebuah polyester linier, PET dipolimerisasi dengan cara salah satu dari dua cara, pertukaran Ester : Monomer adalah diethyl terephthalate dan ethylene glycol. Etherifikasi langsung : Monomer adalah asam terephthalic dan ethylene glycol. Baik proses pertukaran ester dan esterifikasi langsung keduanya dikombinasikan dengan tahap polykondensasi baik secara berkelanjutan ataupun cara bertumpuk. Untuk cara yang bertumpuk memerlukan dua alat reaksi, yang satunya untuk esterifikasi atau pertukaran ester, dan yang satunya lagi untuk polimerisasi. Sedangkan untuk sistem yang berkelanjutan dibutuhkan paling tidak tiga buah peralatan, yang satunya untuk esterifikasi atau pertukaran geser, satunya lagi untuk mereduksi kelebihan glycols dan yang satunya lagi untuk polimerisasi.

Cara lain untuk memproduksi PET adalah dengan cara polykondensasi fasa padat. Pada proses ini polykondensasi cair dilanjutkan sampai pre-polymer memiliki sebuah viskositas intrinsik antara 1.0 – 1.4, dimana pada keadaan ini polimer dicetak hingga didapatkan keadaan padat. Pada pre-kristalisasi dilakukan dengan pemanasan (suhu diatas 200°C) hingga berat molekularnya didapatkan. Kemudian partikulat polymer tersebut di lelehkan untuk kemudian dipintal. Proses ini tidak begitu populer untuk serat PET tetapi digunakan untuk beberapa industri serat.

2.2.3.2 Polymer Bercabang dan Hubungan-Silang Polymer

Jika glycerol direaksikan dengan sebuah diacid atau hidrida-nya maka setiap glycerol akan menghasilkan titik percabangan. Setiap molekul dapat tumbuh menjadi molekul yang memiliki berat yang tinggi. Jika perangkaian internal terjadi (reaksi dari sebuah kelompok hydroxil dan sebuah fungsi asam dari cabang sebuah molekul yang berbeda maupun sama), polymer akan menjadi hubungan-silang, hubungan silang polymer yang kaku secara keseluruhan tidak diakibatkan oleh pelarut.

2.2.4. Pembentukan Serat

Urutan produksi sebuah serat PET dan benang PET tergantung pada cara yang berbeda dari proses polymerisasi (berkelanjutan/kontinyu, cara yang bertumpuk, dan phase padat) dan pemintalan (kecepatan tinggi atau rendah).

2.2.4.1 Proses Pemintalan

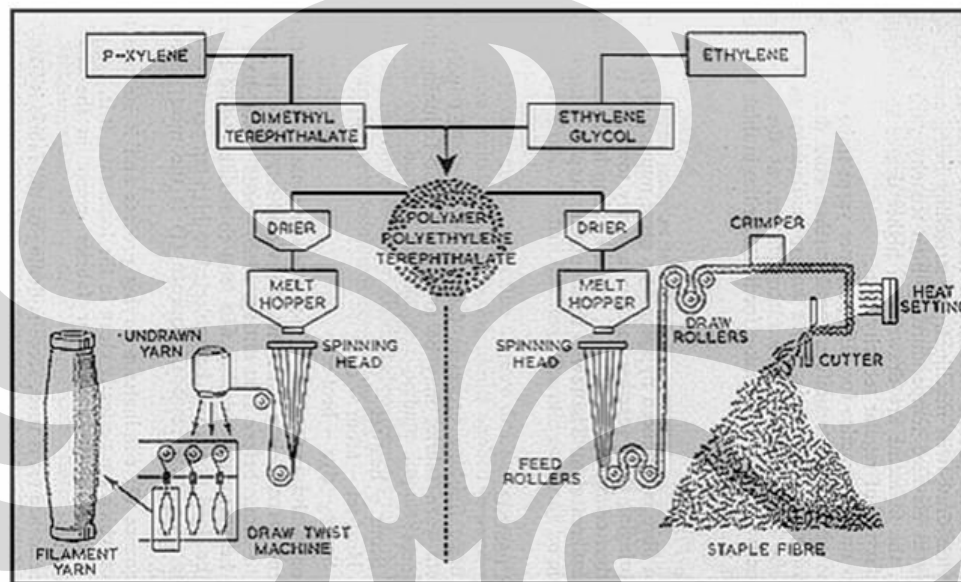
Derajat polymerisasi dari PET dikontrol tergantung dari kegunaan akhirnya. PET untuk serat industri memiliki polymerisasi derajat yang tinggi, berat molekul yang tinggi dan viskositas yang tinggi. Berat molekul normal berkisar antara 15.000 dan 20.000. dengan suhu extrusi normal (280 – 290°C), ini memiliki viskositas geser yang rendah yakni 1000 – 3000 poise. PET yang memiliki berat molekul kecil dipintal pada suhu 265°C, sedangkan PET dengan berat molekul yang amat berat dipintal pada suhu 300°C atau lebih. Derajat dari orientasi secara umum sesuai dengan kecepatan pemutar dalam proses pemintalan. Secara teoritis orientasi maksimal meningkat didalam produktifitas yang didapat pada pemutaran sebesar 10.000 m/menit. Walaupun karena permukaan yang kosong, efek yang merugikan mungkin timbul untuk kecepatan putar diatas 7000 m/menit.

2.2.4.2 Proses Penarikan

Untuk memproduksi PET yang seragam proses penarikan dilakukan pada suhu diatas suhu transisi glass (80 – 90°C). Karena proses penarikan memberikan

orientasi tambahan pada produk. Perbandingan penarikan (3:1 – 6:1) bervariasi tergantung pada penggunaan akhir. Untuk ketahanan yang tinggi memerlukan perbandingan penarikan yang tinggi. Selain itu untuk orientasi yang berbeda, kristalinitas mungkin berkembang selama penarikan pada kisaran temperatur 140 – 220°C.

2.2.4.3 Alur Produksi Serat Polyester



Gambar 2.8. Alur produksi serat polyester

2.2.4.4 Produksi Polyester yang Terkini (Metode Penelitian)

Dr. Boncella dan Dr. Wagner dari universitas Florida adalah dua orang peneliti yang terlibat dalam penelitian untuk memecahkan masalah produksi polyester yang dihasilkan dari dua gas yang murah yakni gas karbon monoksida dan ethylen oksida. Polyester yang paling banyak digunakan berasal dari PET atau yang disebut juga dengan Polyethylene Teraphthalate. Para peneliti telah dapat memproduksi polyester dengan berat molekular yang rendah menggunakan gas karbon monoksida dan ethylene oksida, tetapi para peneliti masih kekurangan katalis, substansi yang mempercepat laju reaksi, yang dibutuhkan untuk membuat reaksi lebih efisien. Mereka sedang mencari senyawa kimia yang dapat membuat molekul pada DP yang rendah dan dapat menghasilkan yang besar. Walaupun

mereka telah berhasil dalam penelitian mereka juga memproduksi polyester yang dapat digunakan secara komersil dari gas yang murah. Jika saja ini berhasil maka hasil penelitian ini dapat digunakan untuk menggantikan produk polyester saat ini, memperoleh hasil yang sama dengan harga yang lebih rendah. Akhirnya kita dapat mengetahui bahwa sebuah penelitian membutuhkan kesabaran dan waktu yang lama.

2.2.5. Komposisi Struktural Dari PET

Salah satu pembeda dari karakteristik PET adalah dihubungkan pada lingkaran benzena pada rantai polymer. Karakter aromatik mengacu pada kekakuan rantai, mencegah deformasi pada daerah yang tidak teratur, yang mengakibatkan gaya van der Waals yang lemah pada rantai. Karena inilah PET sulit untuk di kristalisasi. Serat polyester dapat dianggap gabungan dari kristalin, semi kristalin yang terorientasi dan daerah nonkristalin (amorphous). Molekul grup aromatik, karboksil dan alifatik adalah hampir berbentuk planar dalam konfigurasi dan ada pada susunan tiap sisi. Jarak stabilisasi antara atom pada molekul yang berdekatan biasanya adalah jarak kontak van der Waals, dan ini tidak memiliki petunjuk struktural pada setiap ketidak normalan gaya yang kuat pada antara molekul. Titik leleh yang tidak biasa dari sebuah PET (dibandingkan dengan polyester alifatik) adalah bukan sebuah hasil dari gaya intermolekular yang tidak normal, tetapi ini dihubungkan dengan ikatan ester. Sifat kohesi dari rantai PET adalah akibat dari interaksi van der Waals dan ikatan hidrogen, yang disebabkan oleh interaksi dua kutub, induksi dan gaya dispersi diantara rantai. Kapasitas untuk memproduksi serat yang berguna dan kecenderungan untuk pengkristalan tergantung dari gaya-gaya ini yang tarik-menarik.

Gaya interaktif menghasilkan pepadatan yang ketat dan tidak fleksibel diantara makro molekul, menghasilkan modulus yang tinggi, kekuatan dan tahan kelembaban, bahan peluntur warna dan pelarut. Fleksibilitas yang terbatas pada makro molekul disebabkan oleh kumpulan ethylen. Proses pepadatan-serat yang diperpanjang tidak menunjukkan perkembangan awal dari kristalinitas, pertumbuhan dari kristal mulai terjadi sepanjang proses-penarikan. Sejumlah dasar model struktural dibutuhkan untuk mewakili keadaan yang berbeda dari

sebuah serat, amorphous (tak berorientasi) setelah ekstrusi, amorphous (tak berorientasi) setelah penarikan-dingin, orientasi kristalin setelah perlakuan panas dan setelah penarikan-panas, peregangan dan penguatan dengan cara dipanaskan. Bentuk kristalin yang terorientasi dapat juga diperoleh dari pemintalan pada keadaan tekanan tinggi (kecepatan-tinggi).

Differential Scanning Calorimetry (DSC) dapat mengukur kristalinitas dan orientasi molukul didalam serat. Type analisis ini didasarkan pada nilai yang berbeda jelas dari panas pembentukan untuk pembentukan kristalin dan non-kristalin dari sebuah polymer. Panas pembentukan dari sampel dibandingkan dengan standard kalibrasi. Kristalinitas di dapatkan pada persamaan dibawah ini:

%Kristalinitas=

$$\frac{\Delta H_f}{\Delta H_f^*} \dots\dots\dots (II.2)$$

Dimana : ΔH_f^* adalah panas pembentukan dari 100 % kristalin polymer, didapatkan dari literatur sebesar 33.45 cal.g (140 J/g). Tg (temperatur transisi glass) dan Tm (titik leleh) dari serat dapat juga didapatkan dari analisis DSC. Hasil dari densitas dan pengukuran DSC ditunjukkan pada tabel 1.

Fiber Type Base Fibers	Density Gradient		DSC Measurements			
	Density (g/cc)	Crystallinity (%)	T _g (°C)	T _m (°C)	ΔH (Cal/g)	Crystallinity (%)
A	1.3803	41.22	154.3	251.3	17.19	51.38
B	1.3584	45.80	161.7	254.6	16.61	49.65
C	1.3809	41.73	152.9	255.8	15.29	45.73
D	1.3871	47.34	161.0	255.5	15.40	46.03
E	1.3825	43.71	175.9	257.4	16.41	49.05

Tabel 2.2. Kristalinitas dari sebuah serat polyester

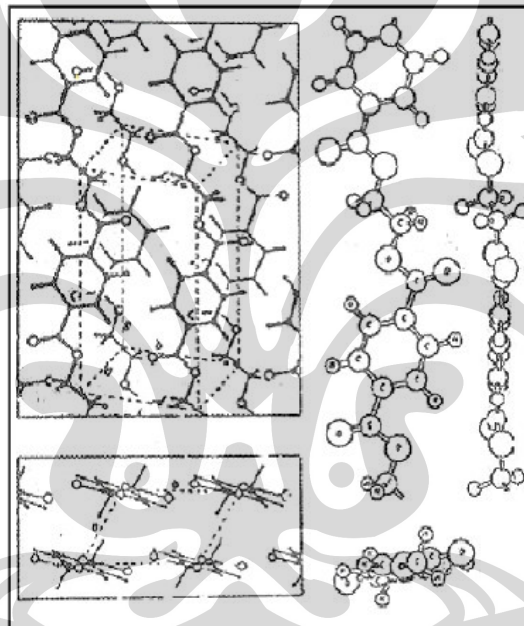
Tg = Temperatur transisi glass

Tm = Temperatur leleh

ΔH = Panas pembentukan

PET yang dipadami dengan cepat tanpa penarikan adalah amorphous. Kisaran temperatur kristalinisasi dari PET adalah dari 10°C dibawah titik leleh

sampai sedikit di atas temperatur transisi glass, 250 – 100°C. PET yang umum memiliki kristalinitas sebesar 50%. Unit pengulangan dari PET adalah 1.075 nm dan lebih pendek daripada panjang rantai yang diperpanjang (1.09 nm). Tetapi rantai-rantai tersebut adalah hampir berbentuk planar. Unit sel kristal adalah berbentuk triklinik dengan dimensi $a = 0.456$ nm, $b = 0.594$ nm, $c = 1.075$ nm, ($\alpha = 98.5^\circ$, $\beta = 118^\circ$ dan $\gamma = 112^\circ$). Struktur kristal PET diilustrasikan pada gambar dibawah ini. Faktor lainnya untuk kristalisasi adalah posisi cincin benzena. Jika cincin benzena diletakkan pada subu rantai (c), maka pengelompokan terdekat dari sebuah mekul rantai mengurangkan kristalisasi polymer.



Gambar 2.9. Struktur kristal PET

Karakteristik umum dari sebuah serat polyester:

- Kuat.
- Tahan kerut dan tarik.
- Tahan bahan kimia.
- Mudah kering.
- Tahan kusut.
- Tahan rayap.

- Tahan aus.
- Mudah dicuci.
- Ulet dan garing.
- Tahan lipat.

2.2.6. Proses Melt-Blown Sebuah Polyester

IV (viskositas intinsik) dan tingkat kristalinitas dari sebuah proses melt-blown sebuah polyester menentukan performa dari produk akhir. Semakin tinggi IV menandakan tingginya tingkat kristalinitas, dimana akan menambah sifat pembawa dari sebuah struktur melt-blown polyester. Tetapi itu secara signifikan akan mereduksi modulus, ketangguhan dan elongasi. Keuntungan dari penggunaan polyester dari pada polymer sebagai polyolefins adalah ketahanan panasnya dan ketahanan terhadap bahan kimia. Polyester juga menawarkan kecukupan dalam membawa gas oksigen.

2.2.7. Hubungan Antara Struktur, Sifat dan Parameter Pengolahan dari Sebuah Serat PET

Sifat-sifat dari sebuah polyester sangat dipengaruhi oleh struktur seratnya. Struktur serat dimana memiliki pengaruh kuat pada serat yang dapat dipakai, sangat tergantung pada parameter pengolahan dari pembentukan serat seperti kecepatan pemintalan (tekanan pada benang), penarikan-panas (peregangan), pengendoran tegangan dan kecepatan pengaturan panas (penstabilan).

Ketika tegangan pada pemintalan benang meningkat dengan meningkatnya kecepatan pital, maka molekul PET akan terulur, akibat dari semakin baiknya kestabilan pemintalan, elongasi yang lebih kecil dan kekuatan yang lebih tinggi, orientasi yang lebih baik dan tingginya kristalinitas. Penarikan-panas menghasilkan efek yang sama dan mengakibatkan tingkatan yang lebih tinggi dari orientasi dan kristalinitas. Relaksasi adalah pengenduran tegangan dan tekanan dari molekul yang diperpanjang dimana akan mengurangi kerutan pada serat yang ditarik. Penstabilan panas adalah perlakuan yang bertujuan untuk “mengatur” struktur molekul, memungkinkan serat untuk bertahan pada perubahan dimensional. Struktur akhir serat sangat tergantung pada temperatur, kecepatan peregangan, perbandingan penarikan (derajat penarikan), rasio pengenduran dan

pengaturan kondisi pemanasan. Orientasi kristalin dan non-kristalin dan persentase kristalinitas dapat diatur secara signifikan adalah sebagai jawaban dari parameter proses ini.

2.2.8.Sifat-Sifat Serat Polyester

2.2.8.1.Sifat-Sifat Mekanis

Ketika tingkatan peregangan sebuah serat meningkat (kemuluran kristalinitas yang tinggi dan orientasi molekul), maka akan meningkat pula sifat-sifat seperti *tensile strength* dan modulus young awal. Pada saat yang bersamaan extensibilitas utama, seperti elongasi biasanya juga tereduksi. Dengan meningkatnya berat molekul akan meningkatkan sifat-sifat yang dapat direntangkan, modulus dan elongasi. Sifat-sifat fisik dan mekanis yang khas dari serat PET dapat diberikan pada tabel dibawah ini dan kurva tegangan-regangan pada gambar dibawah ini. Dapat dilihat bahwa filamen direpresentasikan pada kurva C yang memiliki modulus awal yang lebih tinggi daripada ketahanan pokok yang diberikan pada kurva D. Tetapi kemudian memperlihatkan ketahanan dan elongasi yang lebih besar. Ketahanan filamen dan pokok (*filament and staple*) yang tinggi (kurva A dan B) memiliki kekuatan patah dan modulus yang tinggi, tetapi secara relatif memiliki elongasi yang rendah. Benang yang terorientasi terpisah (Partially oriented yarn, POY) dan benang pintal filamen, menunjukkan kekuatan yang rendah tetapi memiliki elongasi yang tinggi (kurva E). Ketika serat PET yang terbuka mendapat tekanan berulang (seperti bending yang berulang), disebut dengan kekusutan yang mulai terbentuk, yang pada akhirnya kerusakan kekusutan tersebut berubah menjadi *crack*. Itu telah terlihat bahwa kestabilan kompresibilitas dari PET lebih baik daripada nylons.

	Filament yarn		Staple and tow <!--[if ! supportLineBreakNewLine]- -> <!--[endif]-->	
Property	Regular tenacity ^a	High tenacity ^b	Regular tenacity ^c	High tenacity ^d
breaking tenacity, ^e N/tex	0.35-0.5	0.62-0.85	0.35-0.47	0.48-0.61
breaking elongation	24-50	10-20	35-60	17-40
elastic recovery at 5% elongation, %	88-93	90	75-85	75-85
initial modulus, N/tex ^f	6.6-8.8	10.2-10.6	2.2-3.5	4.0-4.9
specific gravity	1.38	1.39	1.38	1.38
Moisture regain, %	0.4	0.4	0.4	0.4
Melting temperature, °C	258-263	258-263	258-263	258-263

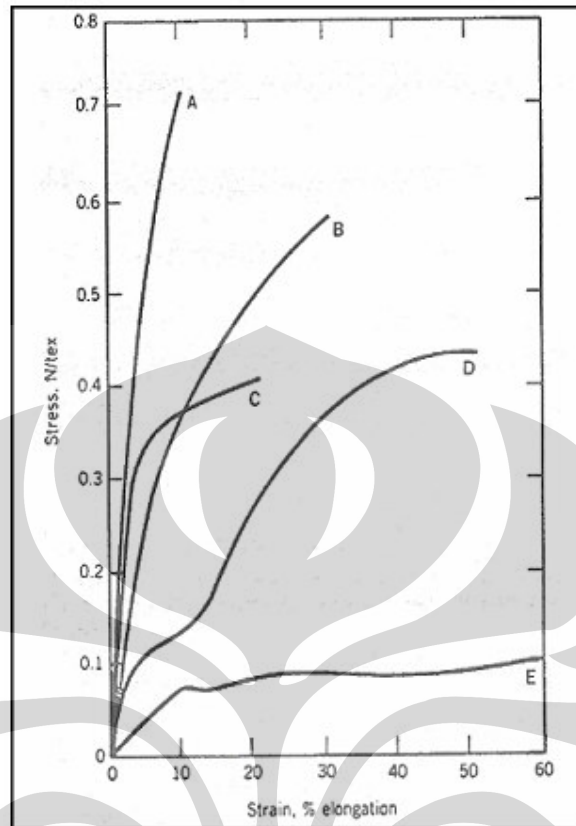
^aTextile-filament yarns for woven and knit fabrics. ^bTire cord and high strength, high modulus industrial yarns.

^cRegular staple for 100% polyester fabrics, carpet yarn, fiberfill, and blends with cellulosic blends or wool.

^dHigh strength, high modulus staple for industrial applications, sewing thread, and cellulosic blends.

^eStandard measurements are conducted in air at 65% rh and 22°C. ^fTo convert N/text to ge/den, multiply by 11.33. ^gThe equilibrium moisture content of the fibers at 21°C and 65% rh.

Tabel 2.3. Sifat-sifat fisik sebuah serat polyester



Typical stress strain curve for PET fibers.(A-High tenacity filament,B-High tenacity staple, C-regular tenacity filament,D-regular tenacity staple,C-POY filament)

Gambar 2.10. kurva stress-strain untuk serat PET

Pengerutan bervariasi terhadap cara perawatan. Jika pengenduran tegangan dan tekanan pada serat yang terorientasi dibiarkan terjadi selama penyusutan selama pembuatan serat, maka pengerutan pada tahapan pemrosesan textile di kurangi dan modulus awal dikurangi pula. Benang polyester dikondisikan pada panjang yang tetap dibawah tekanan selama perlakuan panas akan kurang berpengaruh dengan perubahan modulus, dan nilai kerutan yang dikurangi dapat diperoleh. Ini sangat penting dalam stabilisasi serat. PET menunjukkan ketidak linieran dan sifat elastisitas yang tidak tergantung terhadap waktu, sifat tersebut melindunginya dari peregangan, tekanan, bending dan geseran karena secara relatif memiliki modulus awal yang tinggi. Kerutan yang panjang akan terjadi jika ada tekanan, dengan penundaan yang berurutan dalam pemulihan pada

penghilangan beban. Tetapi dibandingkan dengan serat yang dipintal-leleh (*melt-spun fibers*), kerutannya kecil.

Susunan dari gumpalan benang-halus dari serat-serat yang kusut (*pills*) pada permukaan kain dapat menjadi masalah yang serius, susunan benang-halus bisa dipengaruhi oleh gesekan, kekakuan, kekuatan-patah, dan juga daya tahan terhadap abrasi. Bentuk, kehalusan, kekakuan, kemampuan kembali ke bentuk semula, gesekan dan elongasi mempengaruhi kekusutan sebuah serat. Ketika serat yang kusut (*pills*) telah dibentuk, besarnya *wear-off* dapat mempengaruhi bentuk serat, dimana *wear-off* adalah sebuah fungsi dari kekuatan-patah serat dengan umur kelenturan. Mengurangi berat molekul, yang akan mempengaruhi daya tahan terhadap abrasi umur kelenturan dan kekuatan-patah, akan mengakibatkan penurunan akan kecenderungan terjadinya kekusutan serat dari sebuah serat PET, walaupun pemintalan molekul ringan dari serat PET sangatlah sulit. Ketika berat molekul dikurangi, maka viskositas cairnya akan berkurang dan serat yang seragam dengan sifat kontinuitas yang baik dalam pemintalan tak dapat diproduksi. Viskositas cair dapat ditingkatkan dengan menambahkan senyawa yang berikatan silang, yang secara mudah didapat pada kelompok Hidroksil. Sifat yang lainnya, yang secara khusus penting pada industri pakaian, adalah kestabilan dalam kerutan atau kompresi kerutan. Umumnya semakin kuat pemadatan sebuah rantai molekul maka serat akan semakin kaku dan akan lebih tahan terhadap sifat mekanis. Kestabilan kerut sebuah serat dapat diperbaiki dengan cara menaikkan suhu pemanasan. Selain itu kompresi kerut sebuah serat dapat dikurangi dengan menaikkan perbandingan tarik ketika serat tersebut diproduksi.

2.2.8.2. Sifat-Sifat Kimia

Serat polyester memiliki sifat yang baik asam mineral lemah, walaupun pada suhu didih, dan juga sebagian asam kuat pada suhu kamar, tetapi terlarutkan dengan dekomposisi sebagian oleh asam sulfat terkonsentrasi. Hidrolisis sangat tergantung oleh temperatur. Lebih dari itu serat PET konvensional direndam di dalam air pada suhu 70°C untuk beberapa minggu tidak menunjukkan pengurangan kekuatan, tetapi setelah direndam selama seminggu pada suhu 100°C kekuatannya akan berkurang kira-kira sebesar 20 %.

Polyester sangat sensitif terhadap basa seperti sodium hydroxide dan methylamine, seperti yang dilakukan katalis pada reaksi hidrolisis. Pada awalnya methylamine menembus struktur melalui daerah non-kristalin yang mengakibatkan berkurangnya sambungan ester dengan demikian maka akan mengakibatkan berkurangnya sifat-sifat fisinya. Kelemahan terhadap serangan alkaline ini kadang digunakan untuk merubah keindahan serat selama proses akhir. Struktur yang berlubang dihasilkan oleh permukaan serat dengan cara ini akan memperbaiki sifat tahan aus.

Polyester menunjukkan ketahanan yang tinggi terhadap agen pengoksidasi seperti pemutih pakaian dan tahan terhadap bahan pembersih. Juga PET tidak dapat larut di sebagian pelarut kecuali pada asam asetik polyhalogenate dan phenols. Larutan terkonsentrasi dari asam benzoic dan ophenylphenol memiliki efek yang menembang.

PET memiliki sifat hydrophobik dan oleophilik. Sifat hydrophobik adalah menolak air dan cepat kering, tetapi karena memiliki sifat oleophilik maka akan sulit untuk menghiangkan noda minyak. Pada kondisi normal serat polyester memiliki kelembaban yang rendah sekitar 0,4 % yang memperbesar sifat isolator listrik walaupun pada temperatur yang tinggi. Sifat daya regang pada kondisi serat basah sama dengan keadaan kering. Kandungan kelembaban yang rendah dapat mengakibatkan masalah statis yang mempengaruhi pengolahan kain.

2.2.8.3. Sifat-Sifat Optis

PET memiliki karakteristik optik seperti kebanyakan thermoplasik seperti cerah, mengkilat, tampak yang seperti sutra. Akhir-akhir ini dikembangkan serat mikro polyester dengan kepadatan linier kurang dari 1.0 *denier per filament* (dpf) yang dapat menjadikannya berkilau dan seperti sutra asli.

2.2.8.4. Sifat-Sifat Thermal

Sifat-sifat termal serat PET tergantung dari metode pembuatannya. Data TDA (gambar 5) dan TMA (gambar 6) untuk pemintalan serat pada kecepatan yang berbeda menunjukkan hubungan tinggi maksimum terhadap transisi, kristalisasi dan daerah leleh. Konturnya tergantung dari kandungan amorphous

dan kristalin. Kurva tersebut ditunjukkan untuk kecepatan 600 m/menit dan kurva di atasnya adalah karakteristik untuk serat yang ditarik. Kisaran transisi glass terjadi sekitar 75°C, kisaran kristalisasi dan lelehan sekitar 130°C dan 260°C.

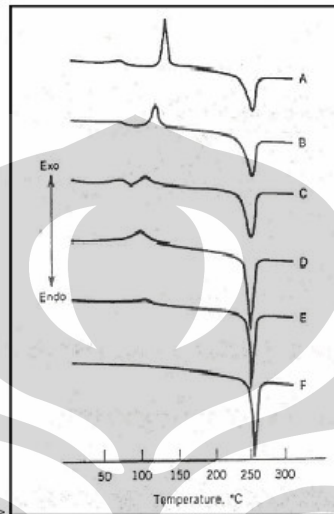


Fig 5. TDA curves of PET yarns spun at different spinning speeds [m/min], A-2000, B-3000, C-4000, D-4500, E-5000, F-6000.

Gambar 2.11. Kurva TDA

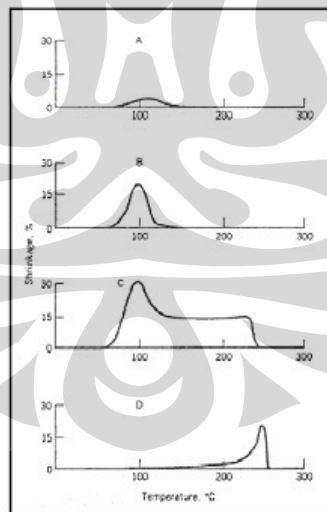


Fig 6. TMA curve (shrinkage) of spun yarn at different spinning speeds [m/min] A-less than 1000, B-1000-2000, C-2000-5000, D- greater than 6000.

Gambar 2.12. Kurva TMA

PET normal. Struktur yang terganggu baik untuk penetrasi bahan celup kedalam serat. Kerugian dalam penambahan monomer ketiga adalah berkurangnya daya-rentang.

Proses pencelupan yang baru untuk serat polyester pada temperatur yang rendah (40°C atau kurang) telah dilaporkan. Metode ini menggunakan bahan celup dispersi pada mikroemulsi dari perbandingan kecil dari alkyl halogen dan phosphoglycerida. Keuntungan utama dari metode ini adalah pengolahan dengan suhu rendah tetapi tetap memiliki masalah lingkungan yang mengakibatkan bahan pembawa racun.

Cara lain pun telah dilakukan oleh Saus et al, perusahaan tekstil menggunakan air yang banyak dalam proses pencelupan yang menghasilkan ikatan organik ke lingkungan. Karena masalah ini lah proses pencelupan untuk serat polyester dikembangkan, dimana CO_2 super kritis digunakan sebagai medium pembawa. Cara ini memberikan pilihan dalam pembuangan air. Cara ini hemat biaya, tidak beracun, tidak mudah terbakar dan dapat didaur ulang. Ketika dicelup didalam medium cairan, pengurangan pengenceran dilakukan untuk menstabilkan intensitas warna, dimana akan mengakibatkan banyaknya air yang terbuang. Pengurangan pengenceran tidak dilakukan pada pencelupan yang super kritis. Keuntungan lainnya adalah pengontrolan yang lebih baik dalam proses pencelupan dan peningkatan kualitas dalam pelaksanaannya.

Spun bond PET jaring-jaring yang tidak dipintal (Spun bond PET *nonwoven webs*) telah dihasilkan dari ($\text{SO}_2 + \text{O}_2$) plasma dan ($\text{N}_2 + \text{H}_2 + \text{He}$) plasma pada universitas Tennessee, Knoxville. Penelitian menunjukkan bahwa Spun bond PET jaring-jaring yang tidak dipintal (Spun bond PET *nonwoven webs*) dapat diwarnai dengan sara pencelupan asam pelarut-air konvensional. Teknis plasma membuka jalan baru dalam mewarnai kain PET dan meyakinkan bukti dalam pewarnaan serat polyester dimasa yang akan datang.

2.2.8.6.Sifat-Sifat Lainnya

Serat polyester menunjukkan sifat tahan terhadap sinar matahari tetapi untuk waktu yang berkepanjangan akan mulai tampak kerusakan oleh radiasi sinar ultraviolet. Tetapi jika dilindungi dari sinar matahari oleh glass maka serat PET

akan menunjukkan performa yang baik ketika ditambah dengan penstabil UV pada interior mobil. Walaupun PET mudah terbakar, kain biasanya meleleh jika terkena api. Serat PET akan terbakar tetapi jika dipadu dengan katun akan memudahkan ia terbakar.

Polyester memiliki sifat oksidatif yang baik dan tahan terhadap suhu panas. Jenis yang diwarnai telah diproduksi dan grup akhir karboksil meningkat. Daya tahan terhadap oksidatif dan suhu tinggi akan meningkat dengan adanya antioksidan. Sifat-sifat mekanis tidak dipengaruhi oleh takaran yang cukup dari radiasi energi tinggi. Pada takaran lebih dari 0.5 Mgy (Mrad), daya rentang dan elongasi maksimal akan menurun dan akan memberuk secara cepat pada 1 – 5 Mgy (100 – 500 Mrad). Akhirnya daya tahan dari serat polyester terhadap jamur, kelapukan, dan abrasi akan meningkat. Jamur, cendawan dan lumut mungkin akan tumbuh pada politur atau pelicin tetapi tidak menyerang serat.

2.2.9. Aplikasi

Perusahaan DuPont telah memproduksi serat polyester komersial di amerika pada tahun 1953. karena serat polyester memiliki sifat yang khusus, maka banyak digunakan dalam penggunaan sebagai berikut ini:

- Pakaian : Segala bentuk dari Busana.
- Peralatan Rumah tangga : karpet, tirai, gordena, seprai dan sarung bantal, penutup tembok dan kain pelapis.
- Penggunaan lainnya : selang, tali, jaring, tali ban, perlengkapan mobil, benang, layar, dan bahan pengisi serat untuk berbagai macam produk termasuk bahan pengisi bantal dan furniture.

Pada pakaian ahli bedah, sebagai contoh, adalah salah satu linen yang ditenun tetapi sekarang untuk bagian terbesar bahan penolak yang dihilangkan yang menjadi campuran bubuk serat polyester yang kusut pada lapisan yang dilelehkan pada tali yang dipintal. Pakaian yang baru ini jauh lebih baik daripada bahan yang lama dalam menyediakan penghalang yang dapat dilalui udara antara ahli bedah dengan pasien, yang secara signifikan dapat mengurangi infeksi. Lapisan luar alas kasur yang rendanya dapat dilipat terbuat 100% dari bahan polyester secara terus

menerus akan menjadi bahan pengganti bahan spun bond, karena sifat dari bahan serat-kusut yang bersifat seperti tekstil. PET telah menjadi type polimer yang paling penting dari sebuah jenis bahan yang berserabut, ini beralasan karena memiliki sifat inert, biokompatibel, fleksibel juga bersifat ulet dan juga memiliki tingkatan yang cocok dari jaringan yang dapat digunakan. Tetapi untuk sebagai pemulai polimerisasi, antioksidan, titanium dioksida dan bahan pengotor lainnya harus diminimalisasi untuk meningkatkan sifat biokompatibelnya.

Thermoplastik seperti polyester biasanya dianggap lebih mudah terbakar daripada serat selulosa karena akan meleleh, menyusut dan akan menetes jika terkena api. Resin polyester seperti Crystar, merek dagang perusahaan DuPont, digunakan untuk memproduksi polyester-spun bond untuk penggunaan yang beragam, lembaran kain yang tidak ditenun, kain penghalus lembaran pengering sebagai penyaring, lapisan pakaian, bagian belakang karpet, perabot rumah tangga dan perlengkapan kasur, tempat duduk mobil dan kain penutup untuk pertanian.

Salah satu penggunaan penting dari PET adalah dalam bentuk sebuah serat bikomponen (*bicomponent fiber*). Untuk meningkatkan kekuatan dari kain yang tidak ditenun, untuk menjaga sisi kelembutan LLDPE, PET digunakan dalam pelapis bikomponen yang kontinyu yang memiliki bagian pelapis yang dibuat dari LLDPE dan bagian inti yang dibuat dari PET. Daya-rentang dari sebuah kain ditingkatkan dengan sungguh-sungguh oleh lapisan bikomponen dan tergantung oleh perbandingan LLDPE dengan PET. Paduan polyester-polypropylene yang disatukan secara ultrasonik seperti Matarh's Ultraskin, pakaian pelindung, dikatakan untuk melindungi pemakainya dari hujan tetapi membutuhkan pertukaran udara untuk kenyamanan.

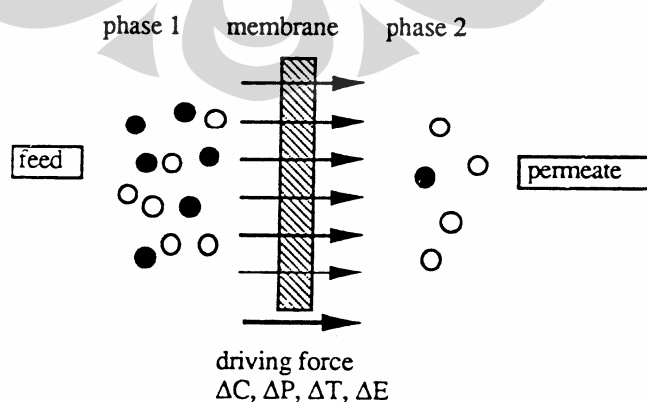
Serat basah dan kering untuk dirajut yang dibuat dari berbagai jenis serat inorganik dan sintatis digunakan dalam berbagai macam alat insulasi dan penggunaan industri. Berbagai macam alas serat polyester yang takdirajut digunakan pada kelas F (155 c) lapisan insulasi listrik fleksibel DMD dan penggunaan bagian belakang pita elektris. Alas yang tak dirajut yang dibuat dari serat polyester dan m-Aramid yang tahan terhadap suhu tinggi digunakan sebagai pengganti karena biaya yang tinggi dari kertas Aramid pada kelas H (180 c) pada komposit insulasi listrik yang fleksibel.

Komposit yang dibuat dari 100% serat polyester digunakan secara luas sebagai media filtrasi, struktur lapisannya memberikan kekuatan anti-sobek, halus, permukaan yang bebas serat dan kestabilan sisi. Produk ini memberikan efisiensi penyaringan yang tinggi dari pada medium yang tinggi dari pada medium spun-bond yang tidak diatur tiap waktunya. Keuntungan utama dari produk ini adalah tidak adanya serat pendek yang ikut mengalir dan mengotori filtratnya.

Dalam penggunaan sebagai serat-pengisi serat polyester digunakan didalam bantalan tempat duduk, bantal guling, kasur dan kasur-air, kain penutup bantal dan dekoratif, perabotan luar rumah dan bahan kain pelapis kerajinan tangan.

2.3. PERMEABILITAS UDARA

Material untuk textile ducting mempunyai karakteristik yang berbeda-beda untuk setiap jenis tekstil berdasarkan pada permeabilitas udara (*air permeability*). Permeabilitas udara merupakan faktor yang menentukan *performance* dari suatu material tekstil. Berdasarkan standar ASTM D737-96 permeabilitas udara (*air permeability*) adalah besarnya aliran udara yang menembus per luasan area secara tegak lurus pada perbedaan tekanan yang telah ditentukan antara dua buah permukaan sebuah material (membran)^[4]. Membran dapat didefinisikan sebagai suatu lembaran tipis selektif yang memisahkan dua fasa dan memiliki kemampuan untuk memisahkan secara selektif sehingga hanya satu komponen tertentu saja yang dapat melewati lapisan membran^[5]. Membran bekerja berdasarkan suatu gaya dorong (*driving force*), Gaya dorong ini dapat berupa perbedaan konsentrasi, perbedaan temperatur, perbedaan tekanan dan perbedaan muatan listrik, namun tekanan adalah gaya dorong yang paling dominan.



Gambar 2.14. Ilustrasi pemisahan menggunakan membran^[6]

Komponen yang dapat menembus membran tersebut disebut permeat sedangkan komponen yang tidak dapat menembus membran disebut retentat.

Permeabilitas gas (P) pada membran, dikendalikan oleh mekanisme pelarutan difusi, yang secara matematis ditulis sebagai berikut

$$P = D \times S \dots\dots\dots(II.3)$$

Karena permeabilitas (P) suatu gas yang menembus membran dipengaruhi oleh difusifitas (D) dan solubilitas (S) gas tersebut terhadap membran, maka perlu diketahui lebih lanjut, apa saja yang mempengaruhi nilai kedua faktor tersebut.

Difusifitas gas melalui membran dipengaruhi oleh ukuran molekul gas dan bahan membran yang dipilih. Ukuran molekul gas mempengaruhi difusifitas gas tersebut, yaitu difusifitas gas bertambah dengan semakin kecilnya ukuran molekul gas.

Solubilitas atau kelarutan gas pada membran polimer ditentukan oleh kemudahan gas tersebut terkondensasi. Semakin mudah terkondensasi maka solubilitas gas semakin tinggi. Suhu kritis gas dapat menunjukkan mudah tidaknya gas tersebut terkondensasi, semakin tinggi suhu kritis suatu gas semakin mudah gas tersebut terkondensasi sehingga solubilitas semakin tinggi pula. Permeabilitas gas dalam campuran (aktual) akan berbeda dengan besarnya permeabilitas gas murni (ideal), karena adanya interaksi antara gas-gas dalam campuran tersebut.

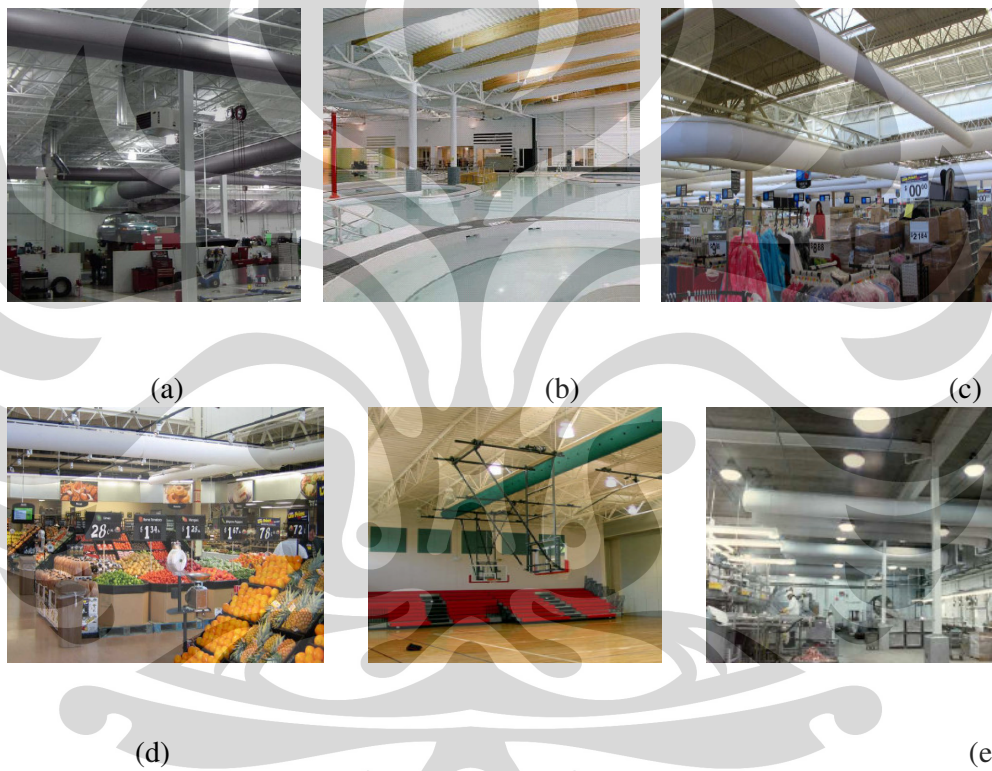
2.4 TEXTILE DUCTING

2.4.1 Pendahuluan

Saat ini telah dikembangkan sistem saluran udara yang menggunakan material tekstil sebagai saluran udara atau yang disebut dengan *textile ducting*. Berbeda halnya dengan sistem pendistribusian berbahan metal, *textile ducting* tidak membutuhkan *diffuser* atau *grille*. *Textile ducting* mendistribusikan udara melalui permukaannya maupun melalui lubang-lubang di sepanjang saluran udara tersebut (*orifice*).

Sistem pendistribusian udara dengan material tekstil, dapat diaplikasikan pada berbagai tempat seperti:

- a) Industri Farmasi, Industri Elektronik, Industri Tekstil.
- b) Kolam Renang.
- c) Gedung Olahraga, Auditorium.
- d) *Supermarket*.
- e) Laboratorium, Rumah sakit.
- f) Kantor.
- g) Tenda Pameran.



(f)
 Gambar 2.15. Aplikasi Textile Ducting: (a) Industri, (b).Kolam Renang, (c). Toko, (d) *Supermarket*,(e) Gedung Olah raga, (f) Industri

2.4.2 Kelebihan dan Kekurangan *Textile Ducting*

Sistim pndistribusian udara dengan *textile ducting* memiliki kelebihan dibandingkan dengan ducting konvensional, antara lain:

1. *Textile ducting* lebih ringan, sehingga untuk biaya angkut/transportasinya murah. Pemasangannya mudah sehingga tidak membutuhkan tenaga kerja yang banyak dan dari segi waktu pemasangannya lebih cepat dibandingkan saluran udara konvensional.
2. Mudah dalam perawatannya, *textile ducting* dapat dicuci, mudah untuk dibuka pasang, fleksibel, tidak berkarat, tersedia dalam banyak pilihan warna.
3. Tidak menimbulkan polusi suara. Polusi suara ditimbulkan oleh peralatan HVAC dan resonansi dari *grille* atau *diffuser*. Polusi ini dapat menimbulkan ketidaknyamanan bagi para penghuni ruangan tersebut. *Textile ducting* tidak menimbulkan suara karena menggunakan bahan yang tidak menghantarkan suara sehingga semua bunyi yang ditimbulkan oleh sistem berkurang selama udara didistribusikan.
4. Hembusan udara tidak terasa, kecepatan udara yang dikeluarkan *textile ducting* antara 0,1 – 0,3 m/s, sedangkan udara yang dikeluarkan *diffuser* memiliki kecepatan 1,3 – 1,5 m/s. Dengan kecepatan yang rendah maka hembusan udara dingin tidak akan terasa.
5. Pada *textile ducting* distribusi udara merata, dibandingkan jika menggunakan *diffuser* yang menghasilkan udara dengan kecepatan tinggi dan semburannya tidak mencapai tempat yang jauh serta terlokalisasi sehingga terkadang ditemukannya *dead zone*.
6. Tidak terjadi kondensasi. Kondensasi dapat terjadi akibat kelembaban yang tinggi selama proses pendinginan udara. Pada *textile ducting*, kondensasi tidak terjadi karena udara dingin dalam ducting ditekan dan dikeluarkan dengan kecepatan rendah keseluruhan permukaannya secara efektif. Sifat-sifat dari bahan *textile ducting* juga mempengaruhi tidak terjadinya kondensasi.

Selain kelebihan di atas *textile ducting* juga memiliki beberapa kekurangan, antara lain:

1. *Textile ducting* akan lebih efektif untuk ruangan yang besar, seperti ruangan pertemuan, tenda pameran, dan industri.

2. Perhitungan jumlah *orifice* dan diameter *ducting* berbeda-beda, perhitungan berdasarkan udara *supply* dan panjang *ducting*.
3. Untuk *ducting* yang memiliki percabangan dibutuhkan perhitungan yang lebih kompleks.

2.4.3. Klasifikasi *Textile Ducting*

Textile ducting dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu berdasarkan jenis aliran udara dan berdasarkan geometri *ducting* tersebut.

2.4.3.1. Klasifikasi Berdasarkan Jenis Udara

Berdasarkan jenis aliran udara yang didistribusikan, *textile ducting* dapat dikelompokkan menjadi tiga jenis, yaitu:

2.4.3.1.1 *Comfort-flow*

Udara pada *textile ducting* jenis *comfort flow* didistribusikan melalui linear *mesh vents* yang menyediakan aliran udara linear yang lembut. Jenis ini digunakan untuk ruangan proses makanan, kolam renang, *gymnasium*, restoran, ruangan telekomunikasi, perpustakaan dan sekolah. Pada ruangan-ruangan tersebut dibutuhkan tekanan pada dufusi udara dan pencampurannya, sehingga akan tercipta kenyamanan.



Gambar 2.16. Model aliran udara *comfort flow*

2.4.3.1.2 *High-Throw*

Udara didistribusikan melalui *orifice*, udara pada sistem udara jenis *high-throw* aliran udara yang dihasilkan cukup kuat dan merata dengan daerah jangkauan yang luas. Tempat-tempat yang biasa menggunakan jenis ini hampir sama dengan *comfort-flow*, tetapi lebih ke ruangan yang membutuhkan aliran udara yang kuat.



Gambar 2.17. . Model aliran udara *high throw*

2.4.3.1.3. *Low-Throw*

Udara didistribusikan melalui pori-pori pada permukaan *textile ducting*. Hal ini dapat mengurangi kecepatan udara kurang dari 30 fpm pada permukaan *textile ducting*. Jenis ini ideal untuk lingkungan tempat proses makanan dimana tidak dibutuhkan aliran udara yang kuat, distribusi udaranya seragam, dan membutuhkan penyaringan udara kembali melalui pori-pori *textile ducting*.

LOW-THROW



Gambar 2.18. . Model aliran udara *low throw*

2.4.3.2. Berdasarkan Geometri

Berdasarkan bentuk dan geometrinya, *textile ducting* dibagi menjadi dua jenis, yaitu:

2.4.3.2. *Circular Shape*

Penampangnya berbentuk lingkaran yang memanjang sepanjang ducting itu. Jenis ini paling banyak digunakan, karena hampir semua jenis bahan dan jenis aliran udara yang didistribusikan dapat menggunakannya. Dalam instalasinya,

jenis *circular* dapat memakai sistem dua baris yang menggunakan dua kabel penggantung atau satu baris.

Cylindrical Series

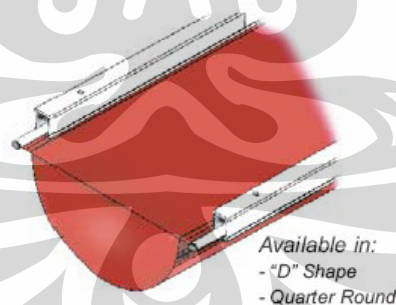


Gambar 2.19. *Textile ducting* berbentuk *circular shape*

2.4.3.2.2 *D-Shape*

Textile ducting jenis ini mempunyai penampang yang berbentuk huruf 'D'. Jenis ini khusus digunakan untuk jenis aliran *comfort-flow* dan hanya bisa memakai satu jenis bahan. Ducting jenis ini lebih cocok digunakan pada ruangan berplafon, karena terkesan lebih menyatu.

Surface Mount



Available in:
- "D" Shape
- Quarter Round

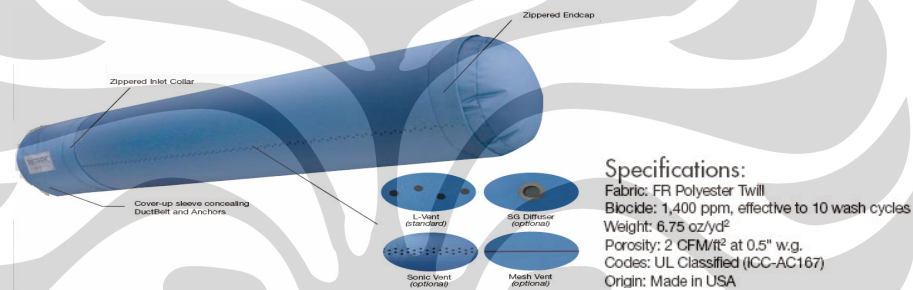
Gambar 2.20. *Textile ducting* berbentuk *D-shape*

2.4.4. Jenis Bahan *Textile Ducting*

Jenis bahan/material yang dapat digunakan untuk *textile ducting* disesuaikan dengan jenis aliran yang akan didistribusikan. Jenis-jenis bahan tersebut adalah sebagai berikut:

2.4.4.1 Sedona

Sedona adalah bahan berspons yang dirajut khusus dengan benang polyester. Bentuk konstruksi disesuaikan dengan keliman (*seam*), resleting pada kerah masukan (*zippered inlet collar*) dan penutup lengan (*concealing cover up sleeve*), koordinat ventilasi berwarna (*color coordinat vents*), alur ulir (*threads*) dan beberapa pilihan alat penggantung (*attachment options*). Bahan ini tersedia dalam berbagai warna dan dapat dicuci dengan mesin cuci, walaupun dapat dicuci namun *textile ducting* dengan bahan sedona didesain untuk jarang dicuci. Bahan ini digunakan di toko, tempat-tempat komersil, pendidikan dan umum.

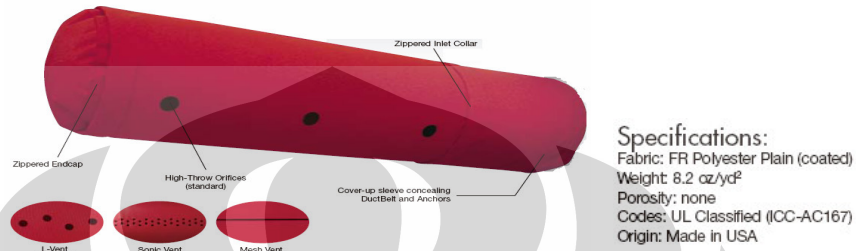


Gambar 2.21. *Textile ducting* dengan bahan sedona

2.4.4.2. Tuftex

Textile ducting dengan bahan tuftex cocok untuk digunakan di industri berat dan tempat-tempat komersil. Tuftex merupakan bahan yang berat dan tidak berpori yang terbuat dari polyester. Bahan ini digunakan untuk tugas yang berat dan dirajut dengan bahan bertekstur. Bentuk konstruksi diselesaikan dengan keliman (*seam*), resleting pada kerah masukan (*zippered inlet collar*) dan penutup lengan (*concealing cover-up sleeve*), sabuk ducting (*duck belt*), loop, kordinat ventilasi berwarna (*color coordinat vent*), alur ulir (*threads*) dan beberapa pilihan alat penggantung (*attachment options*). Restleting pada kerah masukan (*zippered inlet collar*) memudahkan kita untuk melakukan pembersihan atau penambahan panjang. Bahan ini sangat baik bila

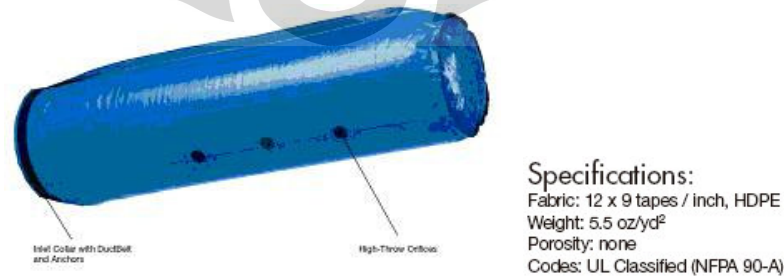
dipakai dalam proses pendinginan dengan jenis aliran udara *high throw* (*orifice*) dan *comfort flow*. Bahan ini ulet terhadap bahan kimia, tahan karat dan tahan debu atau partikel lainnya. Cara pembersihannya yaitu disemprot dengan *nozzle* dan disikat hingga bersih atau dengan di *laundry*.



Gambar 2.22. *Textile ducting* dengan bahan tuftex

2.4.4.3. Polytex

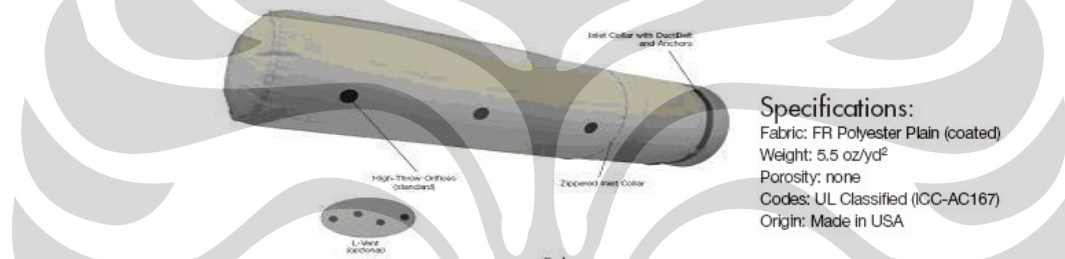
Polytex merupakan bahan yang ringan, tidak berporos terbuat dari bahan polyethylene yang diperkuat oleh *scrim*. Polytex hanya tersedia dalam pilihan satu warna (warna biru). Bahan ini merupakan bahan yang paling ekonomis, bahan polyethylene ini ulet terhadap bahan kimia, tahan karat dan tahan debu ataupun partikel lainnya, akan tetapi bahan jenis ini tak dapat dicuci dengan mesin cuci. Polytex harus dicuci dengan cara manual. Sistem instalasinya dapat menggunakan sabuk ducting (*duct belt*) dan loop pada kerah masukan (*inlet collar*). Polytex biasa digunakan pada industri manufaktur, gudang, rumah kaca dan tempat berstruktur sederhana, dengan jenis aliran udara *high throw*.



Gambar 2.23. *Textile ducting* dengan bahan polytex

2.4.4.4. Duratex

Bahan jenis ini memiliki berat yang sedang, tak berpori dan lebih tahan lama dibandingkan dengan bahan polytex. Duratex termasuk bahan polyester yang paling ekonomis, jenis bahan ini dapat dicuci. Sistem instalasinya dapat menggunakan sabuk ducting (*duct belt*) dan loop pada kerah masukan (*inlet collar*). Bahan ini biasa digunakan di industri manufaktur dan gudang. Duratex dapat digunakan pada jenis aliran *high throw* dan *comfort flow*.

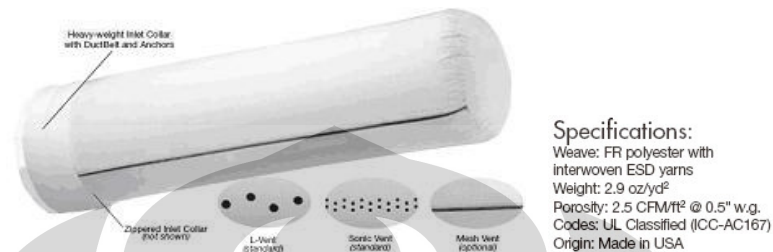


Gambar 2.24. *Textile ducting* dengan bahan duratex

2.4.4.5. Stat-X

Bahan ini ringan dan berpori, terbuat dari polyester yang dirancang untuk mendisipasi listrik statis sehingga benang-benang pada bahan ini dirajut dengan *Electro Static Dissipative (ESD)* dengan *pole* mirip jaringan. Sistem instalasinya dapat menggunakan sabuk *ducting (duct belt)* dan *loop* pada kerah masukan (*inlet collar*) dan keliman (*seam*). Bahan ini dapat dicuci dengan mesin cuci dan cara biasa digunakan di lingkungan yang sensitif dengan listrik statis seperti di industri elektronik dan ruang telekomunikasi dengan aliran udara jenis *comfort flow*. Perawatan bahan Stat-X yang berventilasi lebih mudah dibandingkan bahan Stat-X tak berventilasi karena tidak perlu selalu dicuci. Sistem aliran udara yang menggunakan bahan Stat-X

berpotensi juga menyaring udara sehingga banyak kotoran yang tertinggal di dalam *textile ducting* dalam waktu singkat. Oleh karena itu, jadwal perawatannya tergantung dari jumlah partikel atau debu yang ada didalamnya.



Gambar 2.25. *Textile ducting* dengan bahan Stat-X

2.4.4.6. Microbe-X

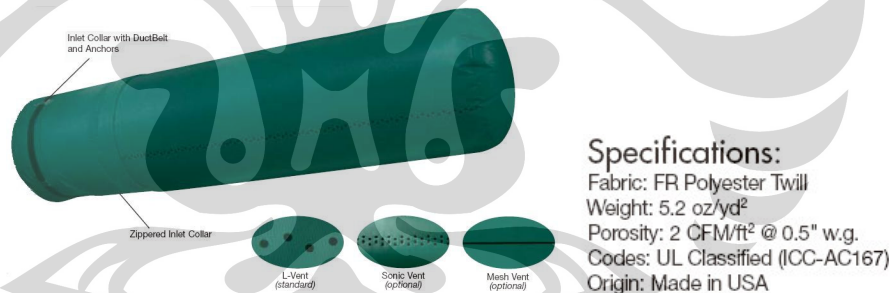
Microbe-X merupakan jenis bahan yang ringan dan dapat dicuci dengan mesin cuci. Bahan ringan ini dirajut dengan benang polyester berfilamen tunggal atau monofilamen polyester yarns yang diberi perlakuan anti mikroba yang tidak mudah luntur. Bahan ini didesain untuk digunakan pada tempat yang menggunakan distribusi udara berkecepatan rendah (*low throw*) dan *comfort flow*. Microbe-X digunakan dalam lingkungan proses makanan, bahan ini dapat mengendalikan pertumbuhan dan penyebaran bakteri dan jamur yang berbahaya. Microbe-X tetap efektif meskipun telah dicuci 100 kali. Sistem instalasinya dilakukan dengan keliman (*seams*) dan penambahan pada kerah masukan (*inlet collar*) yaitu dengan sabuk ducting (*ducting belt*) dan *loop*. Perawatan yang biasa dilakukan dalam waktu singkat karena kotoran yang menumpuk dapat menimbulkan bakteri tumbuh. Oleh karena itu perawatan yang teratur dan singkat dapat menambah umur pakai bahan ini. Waktu untuk perawatan biasa dilakukan setiap tiga sampai lima minggu sekali.



Gambar 2.26. *Textile ducting* dengan bahan Microbe-X

2.4.4.7. Verona

Bahan jenis ini memiliki kekuatan terbaik, dirajut dengan bahan bertekstur. Bentuk konstruksi diselesaikan dengan keliman (*seam*), restleting pada kerah masukan (*inlet collar*) dan penutup lengan (*concealing cover up sleeve*), sabuk ducting (*duct belt*), *loop*, koordinat ventilasi berwarna (*color coordinat vents*), alur ulir (*threads*) dan beberapa pilihan alat penggantung (*attachment options*). Jenis bahan ini dapat dicuci. Verona dapat digunakan pada aliran *comfort flow*.



Gambar 2.27. *Textile ducting* dengan bahan Verona

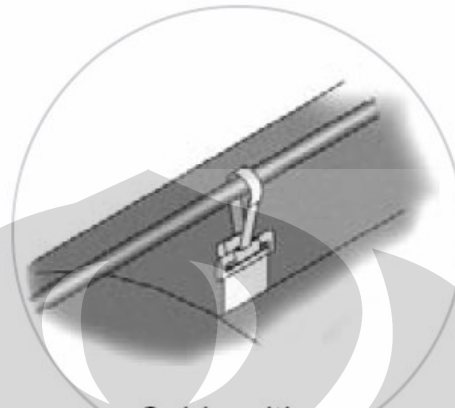
2.4.5. Jenis Suspensi *Textile Ducting*

Jenis suspensi untuk instalasi *textile ducting* adalah :

2.4.5.1 *Tension Cable*

Tension Cable merupakan jenis suspensi yang paling sederhana dan tersedia untuk semua jenis *textile ducting*. Jenis ini tersedia untuk semua ukuran dan susunannya bisa satu baris ataupun dua baris paralel (dua baris paralel dibutuhkan untuk diameter *textile ducting* sebesar ≥ 32

inch). Jarak antar clip direkomendasikan tiap 24 inch untuk menjamin keamanan. Komponen untuk tension cable adalah *galvanized*, 316 *stainless steel* dan *plastic coated S/S cable*.

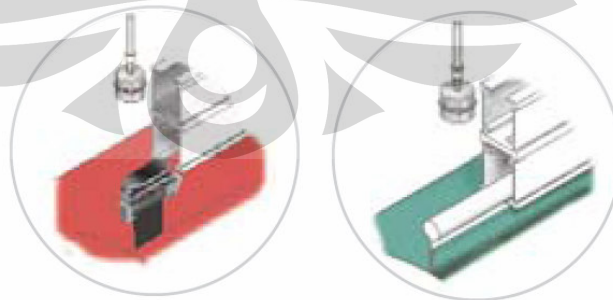


Cable with
Snap Clip

Gambar 2.28. Snap clip

2.4.5.2. *Suspended H-Track*

Jenis ini tersedia dalam alur berbahan aluminium pada sisi atas dan bawah untuk kemudahan instalasi. *H-track* dapat disusun satu baris ataupun dua baris paralel diatas *textile ducting* (susunan dua baris paralel untuk diameter ≥ 32 inch). Jarak antar *snap tab* maksimum 24 inch sepanjang *ducting* untuk keamanan dan kekuatan. Tersedia juga *cord-in* untuk penyangga sependang *ducting* dan komponen yang digunakan adalah *galvanized* atau *stainless steel*.



Aluminum H-Track
with Snap Tab or Cord-In

Gambar 2.29. *Suspended H-Track*

2.4.5.3. Flush Mount Track

Sistem ini berbahan *anodized aluminium* yang tersedia khusus untuk *textile ducting* jenis tertentu dimana desain cocok untuk permukaan rata (plafon yang rata). *Flush mount track* dapat disusun satu baris ataupun dua baris paralel diatas *textile ducting* (susunan dua baris paralel untuk diameter ≥ 32 inch).



Aluminum Flush
Mount with Snap Tab or Cord-In

Gambar 2.30. *Suspended flush mount track*

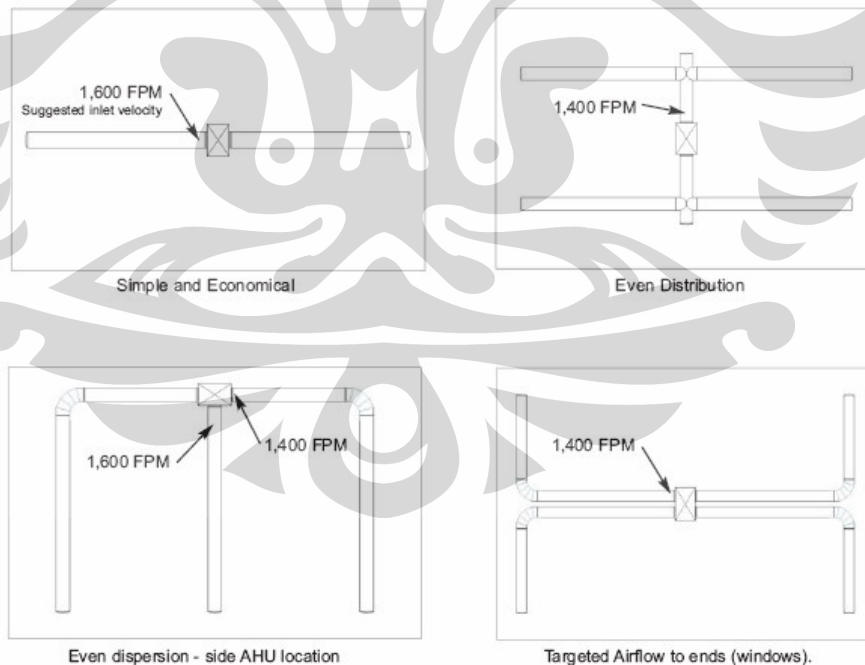
2.4.6. Desain Penampang *Textile Ducting*

Sistem pendistribusian udara yang dipasang harus dapat mendistribusikan udara terkondisi dengan merata. Panjang *ducting* direkomendasikan dalam tabel 2.4.

Cylindrical		D-Shape	
Diameter	Max Length	Dia.	Max.
6"	15'	14"	25'
8"-10"	20'	18"	25'
12"-16"	25'	22"	30'
18"-20"	30'	26"	35'
22"-26"	35'	30"	35'
28"-40"	40'	34"	40'
42"-44"	35'		
46"-50"	30'		
52"-56"	25'		
58"-60"	20'		
62"+	15'		

Tabel 2.4. Maksimum panjang *ducting*

Ducting dengan panjang yang lebih direkomendasikan untuk menggunakan AFD (*Adjustable Flow Device*). AFD mengurangi tekanan statis akibat menurunnya kecepatan aliran udara. Oleh karena itu beberapa jenis desain *layout* sebagai bahan pertimbangan instalasi adalah sebagai berikut :



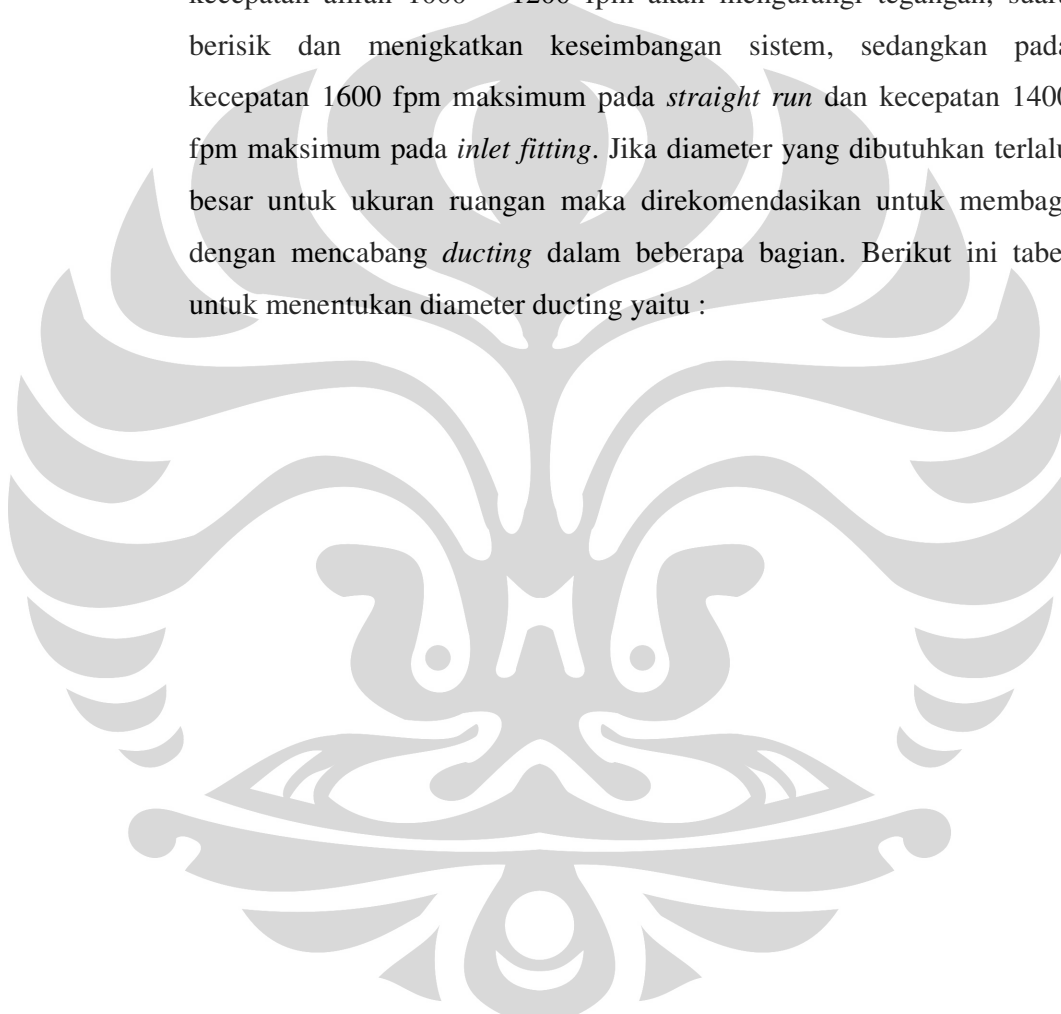
Gambar 2.31. Beberapa jenis *Layout* untuk instalasi *ducting*

2.4.7. Pemilihan Diameter *Textile Ducting*

Pemilihan diameter untuk *textile ducting* didasarkan pada bentuk *ducting* yaitu :

2.4.7.1.Silinder

Untuk *textile ducting* dengan bentuk silinder, diameter yang dipilih berdasarkan laju aliran udara sesuai dengan kondisi *inlet*, untuk kecepatan aliran 1000 – 1200 fpm akan mengurangi tegangan, suara berisik dan meningkatkan keseimbangan sistem, sedangkan pada kecepatan 1600 fpm maksimum pada *straight run* dan kecepatan 1400 fpm maksimum pada *inlet fitting*. Jika diameter yang dibutuhkan terlalu besar untuk ukuran ruangan maka direkomendasikan untuk membagi dengan mencabang *ducting* dalam beberapa bagian. Berikut ini tabel untuk menentukan diameter *ducting* yaitu :



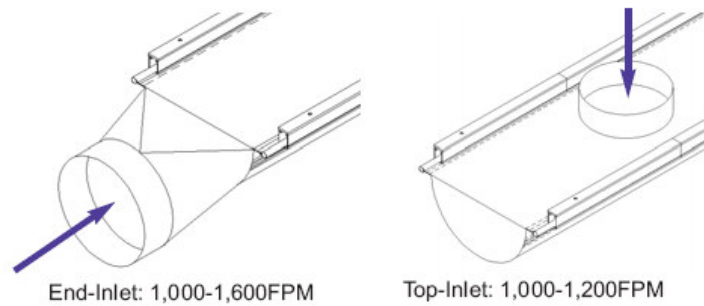
Diameter (in)	Inlet Velocity (fpm)			
	1,000	1,200	1,400	1,600
8	349	419	489	559
10	545	654	764	873
12	785	942	1,100	1,257
14	1,069	1,283	1,497	1,710
16	1,396	1,676	1,955	2,234
18	1,767	2,121	2,474	2,827
20	2,182	2,618	3,054	3,491
22	2,640	3,168	3,696	4,224
24	3,142	3,770	4,398	5,027
26	3,687	4,424	5,162	5,899
28	4,276	5,131	5,986	6,842
30	4,909	5,890	6,872	7,854
32	5,585	6,702	7,819	8,936
34	6,305	7,566	8,827	10,088
36	7,069	8,482	9,896	11,310
38	7,876	9,451	11,026	12,601
40	8,727	10,472	12,217	13,963
42	9,621	11,545	13,470	15,394
44	10,559	12,671	14,783	16,895
46	11,541	13,849	16,157	18,466
48	12,566	15,080	17,593	20,106
50	13,635	16,362	19,090	21,817
52	14,748	17,698	20,647	23,597
54	15,904	19,085	22,266	25,447
56	17,104	20,525	23,946	27,367
58	18,348	22,017	25,687	29,356
60	19,635	23,562	27,489	31,416
62	20,966	25,159	29,352	33,545
64	22,340	26,808	31,276	35,744
66	23,758	28,510	33,262	38,013
68	25,220	30,264	35,308	40,352
70	26,725	32,070	37,415	42,761
72	28,274	33,929	39,584	45,239

Inlet velocities greater than 1,600 FPM is not covered by warranty program.

Tabel 2.5. Diameter *ducting* dan kapasitas aliran udara (cfm) untuk jenis silinder

2.4.7.2.D Shape

Dalam pemilihan diameter dari “*D Shape*” ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, hal ini disebabkan untuk seri ini *inlet* dibedakan menjadi dua yaitu bagian atas dan *inlet* samping. Hal yang perlu diperhatikan antara lain yaitu jenis / bentuk dari *inlet* konfigurasi, laju aliran udara pada tiap *inlet* dan ukuran diameter *inlet*.



Gambar 2.32. Jenis *inlet ducting*

Inlet Diameter (in)	Inlet Velocity (fpm)			
	1,000	1,200	1,400	1,600
6	196	236	275	314
8	349	419	489	559
10	545	654	764	873
12	785	942	1,100	1,257
14	1,069	1,283	1,497	1,710
16	1,396	1,676	1,955	2,234
18	1,767	2,121	2,474	2,827
20	2,182	2,618	3,054	3,491
22	2,640	3,168	3,696	4,224
24	3,142	3,770	4,398	5,027

Tabel 2.6. Penentuan kapasitas aliran udara (cfm) seri *D-Shape*

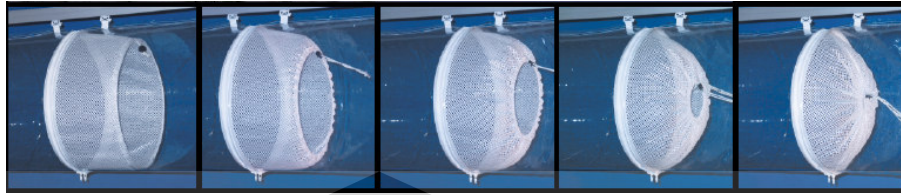
D-Shape Dia.	End Inlet Min. Dia.	Top Inlet Max. Dia.
14	10	10
18	13	14
22	16	18
26	18	22
30	21	26
34	24	30

Tabel 2.7. Pemilihan diameter *inlet ducting* seri *D-shape*

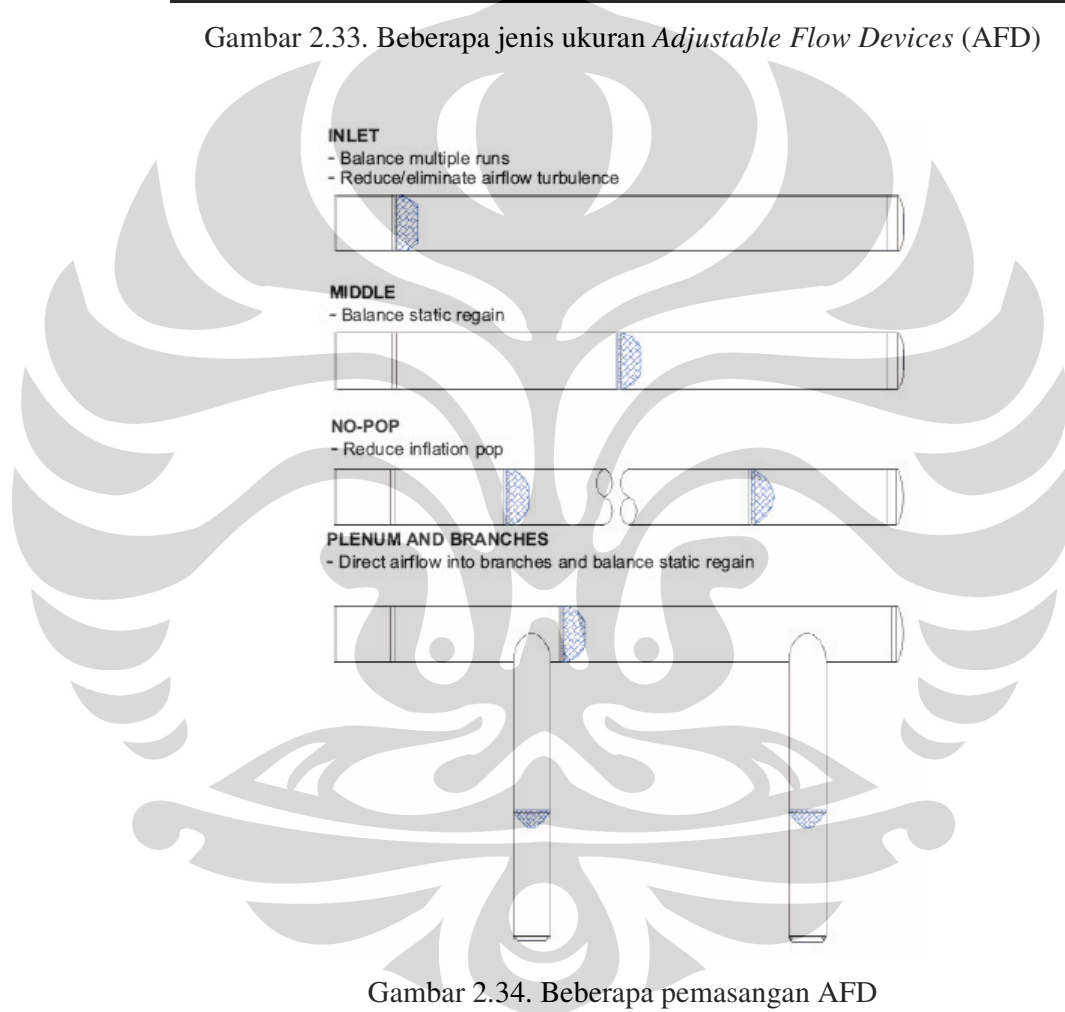
2.4.8. Perancangan *Textile Ducting*

Pengaturan udara didalam saluran utama ataupun cabang *ducting* ini dilakukan dengan pemasangan *Adjustable Flow Devices* (AFD), dimana memberikan keuntungan dalam menyeimbangkan tekanan statik, pembagian aliran dalam tiap cabang yang merata, mengurangi aliran udara

yang turbulen dan mengurangi tekanan tiba-tiba pada saat *start-up*. *Adjustable Flow Devices* (AFD) tersedia dalam diameter 6 inch – 80 inch.



Gambar 2.33. Beberapa jenis ukuran *Adjustable Flow Devices* (AFD)



Gambar 2.34. Beberapa pemasangan AFD

Aliran udara yang didistribusikan didalam ducting merupakan akibat dari adanya tekanan positif didalam *ducting*, dengan asumsi desain yang dilakukan berdasarkan tekanan rata-rata (*Average Pressure*, AP) maka:

$$AP = ISP_1 + 0,66 \times (VP - FL) \dots\dots\dots$$

.....(II.4)

Dimana :

- AP = Average Pressure (in H₂O)
- ISP = Inlet Static Pressure (in H₂O)
- VP = Velocity Pressure (in H₂O)
- FL = Friction Pressure Loss (in H₂O)

$$FL = 0,03 \cdot f \cdot \left(\frac{L}{d^{1,22}}\right) \cdot \left(\frac{V}{1000}\right)^{1,82} \dots\dots\dots$$

.....(II.5)

Dimana :

- f = Koefisien Gesek Material
- L = Panjang *Ducting* (ft)
- d = Diameter *Ducting* (inch)
- V = Kecepatan (fpm)

Dalam perancangan textile ducting penentuan orientasi merupakan salah satu hal yang harus kita perhatikan karena mempengaruhi faktor kenyamanan dan pola penyebarab aliran udara dalam ruangan.

2.4.8.1. Penentuan Kapasitas *Outlet*

Bila menggunakan desain *comfort flow* serta *low flow* maka perhitungan kapasitas *outlet* adalah :

$$Q_{fabric} = FP \times SA \times \left(\frac{AP}{0,5}\right) \dots\dots\dots$$

.....(II.6)

Dimana :

- Q_{fabric} = Kapasitas *Outlet* (cfm)
- FP = *Fabric Porosity* (cfm/ft²)
- SA = Luas Permukaan *Ducting* (ft²)

AP = Tekanan Rata-rata (inch/w.g)

Fabric	Porosity (FP)	(CFM/ft ² @ .5" w.g.)
Coronado	1.5	
Sedona-Xm	1.5	
Verona	1.5	
Stat-X	2	
Microbe-X	6, 13, 20 & 29	
TufTex	0	
DuraTex	0	
PolyTex	0	

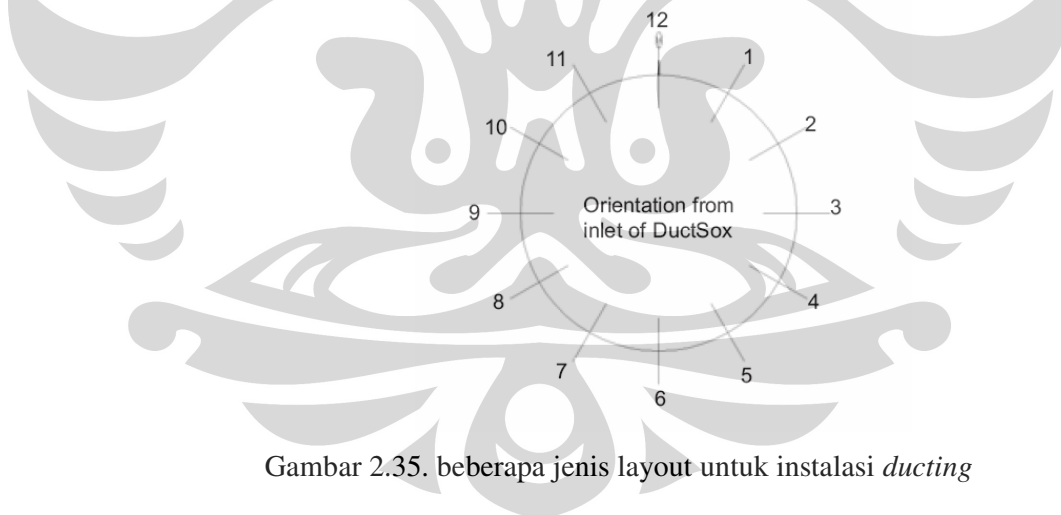
Tabel 2.8. Nilai *fabric porosity* pada tiap jenis *ducting*

2.4.8.2. Penentuan Orientasi *Outlet*

Beberapa pertimbangan untuk menentukan orientasi *textile ducting* adalah :

- a. posisi jam 11&1,10&2 dan 3&9

posisi *outlet* ini dipilih untuk instalasi pendinginan atau sistem ventilasi.

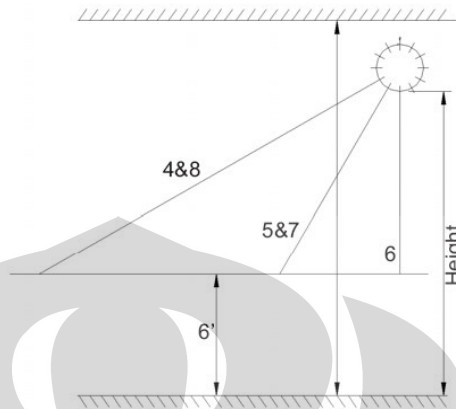


Gambar 2.35. beberapa jenis layout untuk instalasi *ducting*

- b. posisi jam 4&8,5&7 dan 6

Posisi dipilih untuk aplikasi pemanas ruangan, tetapi tidak menutup kemungkinan digunakan pada pendinginan serta sistem ventilasi ruangan. Syarat-syarat jangkauan menjadi pertimbangan pada posisi ini, karena arah aliran langsung menuju pada ruangan

yang diinginkan. Perhitungan jangkauan aliran udara dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :



Gambar 2.36. Pengaruh jangkauan aliran terhadap posisi *ducting*

$$\text{Posisi 4\&8} = (\text{Height} - 6\text{ft}) \times 2$$

$$\text{Posisi 5\&7} = (\text{Height} - 6\text{ft}) \times 1,16$$

$$\text{Posisi 6} = (\text{Height} - 6\text{ft}) \times 1$$

2.4.8.3. Perancangan Desain *Comfort Flow*

Perhitungan untuk desain *comfort flow* (jenis penampang *outlet mesh vent* dan *S-vent*) urutannya adalah :

1. Menghitung kapasitas aliran *outlet*
2. Menghitung total *vent size* (TVS)

$$TVS = \frac{Q_{vent}}{\left(\text{Panjang} \times \sqrt{\left(\frac{AP}{0,5} \right)} \right)} \dots\dots\dots(\text{II.7})$$

3. Tentukan ukuran *vent* ($VS + VS = TVS$)
4. Tentukan orientasi jangkauan aliran udara

S-Vent (inch)	AP (In. w.g)	Airflow (cfm/fm)	(ft) to velocity (fpm)		
			150	100	50
5	0,30	3,90	1,5	4	9
	0,50	5,00	2,5	5	12
	0,70	5,90	3,5	7	16
	1,00	7,07	5	9	18
10	0,30	7,70	4	7	14
	0,50	10,00	6	13	24
	0,70	11,80	9	18	33
	1,00	14,14	11	22	36
15	0,30	11,80	5	11	21
	0,50	15,00	8	17	28
	0,70	18,70	13	22	35
	1,00	21,21	14	28	38
20	0,30	15,50	7	16	27
	0,50	20,00	12	21	32
	0,70	23,70	16	26	37
	1,00	28,28	20	38	40
30	0,30	23,20	12	21	33
	0,50	30,00	16	24	36
	0,70	35,50	20	28	40
	1,00	42,30	22	43	44
40	0,30	31,43	13	23	34
	0,50	40,00	20	30	38
	0,70	47,33	22	34	43
	1,00	56,57	24	38	46

Tabel 2.9. Kecepatan udara *outlet* setiap ukuran penampang *S-vent*

M-Vent (Inch)	AP (In. w.g)	Airflow (cfm/ft)	Distance (ft) to velocity (fpm)		
			150	100	50
	0,25	7,80	3	11	19
1/8	0,38	9,60	7	13	20
VS 11	0,50	11,00	9	15	22
	0,63	12,40	10	16	24
	0,25	15,60	10	15	24
1/4	0,38	19,10	12	18	29
VS 22,1	0,50	22,10	14	20	30
	0,63	24,70	16	22	31
	0,25	23,40	12	19	28
3/8	0,38	28,70	16	23	30
VS 33,1	0,50	33,10	18	24	32
	0,63	37,10	20	25	33
	0,25	31,20	15	21	31
1/2	0,38	38,20	18	25	33
VS 44,2	0,50	44,20	20	26	34
	0,63	49,50	22	27	35
	0,25	46,80	16	23	35
3/4	0,38	57,40	21	27	36
VS 66,3	0,50	66,30	22	28	37
	0,63	74,20	23	29	38
	0,25	62,50	19	24	36
1	0,38	76,50	22	27	38
VS 88,3	0,50	88,30	23	29	39
	0,63	98,90	24	30	40
	0,25	78,10	20	25	37
1 1/4	0,38	95,60	23	28	38
VS 110,4	0,50	110,40	24	29	39
	0,63	123,70	25	31	40
	0,25	93,70	21	27	38
1 1/2	0,38	114,70	24	29	39
VS 132,5	0,50	132,50	25	30	40
	0,63	148,40	26	32	41

Tabel 2.10. Kecepatan *outlet* udara tiap ukuran penampang *mesh vent ducting*

2.4.8.4. Perancangan Desain *High-Throw*

Untuk perancangan desain *high-throw* penampang *outlet ducting* jenis ini memakai *orifice* dengan diameter tertentu. Penentuan jumlah *orifice* yang dibutuhkan setiap panjang ducting menggunakan rumus :

Jumlah *Orifice*

$$= \frac{V_{in}}{V_{orifice}} \dots\dots\dots (II.8)$$

Dimana :

V_{in} = Volume aliran udara *inlet* (cfm)

$V_{orifice}$ = Volume aliran udara *outlet* pada *orifice* (cfm)

ORIFICE Size	AP (in w.g.)	Airflow (CFM _{ea})	Distance (ft) to Velocity (FPM)		
			150	100	50
1/2"	0.25	1.64	3	4	8
	0.5	2.32	4	6	11
	0.75	2.84	5	7	14
	1.00	3.28	5	8	16
	1.25	3.67	6	9	18
1"	0.25	6.56	5	8	16
	0.50	9.28	8	11	23
	0.75	11.37	9	14	28
	1.00	13.12	11	16	32
	1.25	14.67	12	18	36
2" SG2	0.25	26.25	11	16	32
	0.50	37.12	15	23	45
	0.75	45.46	19	28	56
	1.00	52.49	21	32	64
	1.25	58.69	24	36	72
2.5"	0.25	41.01	13	20	40
	0.50	58.00	19	28	57
	0.75	71.03	23	35	69
	1.00	82.02	27	40	80
	1.25	91.70	30	45	90
3" SG3	0.25	59.06	16	24	48
	0.50	83.52	23	34	68
	0.75	102.29	28	42	83
	1.00	118.11	32	48	96
	1.25	132.06	36	54	108
4"	0.25	104.99	21	32	64
	0.50	148.48	30	45	91
	0.75	181.85	37	56	111
	1.00	209.98	43	64	128
	1.25	234.76	48	72	144

Tabel 2.11. Kecepatan udara *outlet* pada setiap ukuran *orifice*

2.4.9. Perencanaan *Ducting*

Data-data yang dibutuhkan dalam merencanakan *textile ducting* antara lain:

- Panjang ruangan = 4,45 m = 14,6 ft
- Lebar ruangan = 2,40 m = 7,87 ft
- Tinggi ruangan = 2,40 m = 7,87 ft
- Model atap ruangan = Tertutup
- Bentuk ducting = Silinder
- Udara suplai = 205,8 cfm

Hal tersebut diatas mendasari ditentukannya jmlah ducting dalam ruangan^[8] yaitu :

Jenis ducting	Tuftex	lampiran 2
Bahan	100% polyester dengan lapisan non-air permeable	lampiran 1
Model	<i>High-throw</i>	lampiran 2
Jumlah ducting	1 buah	total ducting
Udara suplai Per ducting (cfm _d)	$\frac{205,8}{1} = 205,8$ cfm	
Diameter	8 inch = 0,20 m	tabel II.5
Panjang (L1)	9,84249 ft = 3 m	total ducting

Perhitungan tekanan di dalam ducting		
Kecepatan inlet	205,8 fpm	
Tekanan statik (ISP ₁)	0,5 in H ₂ O	standard desain (lampiran 1)
Tekanan kecepatan (VP) =	$\left(\frac{V}{4005}\right)^2 = \left(\frac{205,8}{4005}\right)^2 = 0,002640$ in H ₂ O	
Kerugian gesek (FL) =	$0,03 \cdot 0,4 \cdot \frac{9,84249}{(8)^{1,22}} \times \left(\frac{205,8}{1000}\right)^{1,82} = 5,26 \cdot 10^{-4}$ in H ₂ O	(lampiran 3)
Tekanan rata-rata (AP)	$= ISP_1 + 0,66 \times (VP - FL) \dots\dots\dots (II.4)$ $= 0,5 + 0,66 (26,4 \cdot 10^{-4} - 5,26 \cdot 10^{-4})$ $= 0,5014$ in H ₂ O	

Desain orifice		
Diameter orifice	1/2 in	tabel II.11
Kecepatan outlet	50 fpm	tabel II.11
Jumlah udara outlet	2,32 cfm/orifice	tabel II.11
Jumlah orifice =	$\frac{\text{cfm}_d}{\text{jumlah udara outlet}} = \frac{205,8}{2,32} = 88,70 \approx 90$ buah	
Dengan rekomendasi jarak dari inlet fan - ducting (L' ₂)	4 ft	tanpa orifice
	9,84249 - 4 ft = 5,84 ft = 70,08 inch	
Spasi orifice	$\frac{L'_2}{\text{jumlah orifice} / 2} = \frac{70,08}{90 / 2} = 1,56$ in	jarak antar titik pusat orifice

Tabel 2.12. Perhitungan 1 (panjang ducting 3 m = 9,84251969 ft)

BAB III

PROSES PENGUJIAN

Bab ini menjelaskan tentang prosedur pengujian yang dilakukan termasuk peralatan dan bahan yang diuji, serta prosedur-prosedur yang mendukung dalam pelaksanaan pengujian ini. Pengujian permeabilitas dilakukan untuk mengetahui daya tembus udara pada bahan yang akan dipakai, pengujian kecepatan aliran udara pada *orifice* dilakukan untuk mengetahui besarnya kecepatan udara pada *orifice*, sedangkan pengujian kelembaban udara dilakukan untuk mengetahui kelembaban relatif udara selama pengujian dilakukan.

3.1 PENGUJIAN PERMEABILITAS

3.1.1 Tempat dan Waktu Pengujian

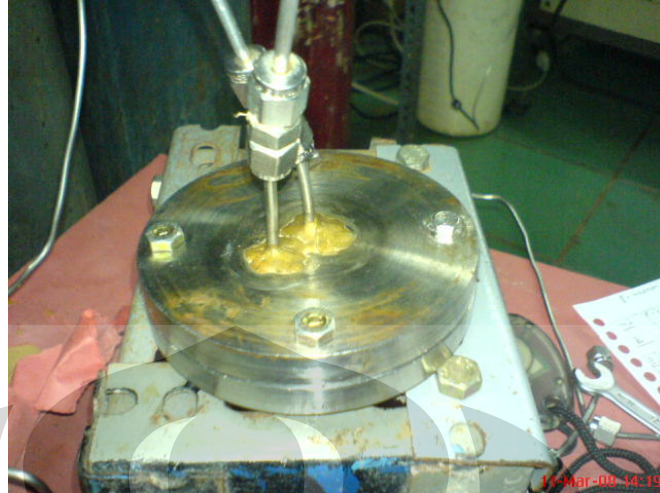
Pengujian ini dilaksanakan di laboratorium Rekayasa Produk Kimia di gedung Departemen Teknik Kimia, Universitas Indonesia, Kampus Baru Depok. Pengujian dilakukan selama bulan maret 2008.

3.1.2 Peralatan Pengujian

Peralatan yang digunakan dalam pengujian ini adalah peralatan yang digunakan dalam sebuah proses permeasi, peralatan yang digunakan dalam pengujian ini yaitu:

1. Sel Permeasi

Sel Permeasi ini merupakan alat terpenting dalam tahap pengujian membran. Alat ini terdiri dari dua buah lempengan logam sebagai wadah meletakkan membran yang diuji. Ilustrasinya dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 3.1 Sel permeasi

Alat ini dipergunakan untuk melakukan pengujian permeabilitas udara pada suatu membran. Alat ini terdiri dari dua buah lempengan logam yang berfungsi sebagai wadah untuk meletakkan membran yang akan diuji. Membran (kain polyester) yang telah dibentuk sesuai ukuran wadah membran kemudian ditutup rapat untuk mencegah kebocoran udara yang dilewatkan.



Gambar 3.2 Alat tes permeabilitas

2. *Stopwatch*
3. *Pressure Gauge*
4. Pipa Untuk *Flowmeter*
5. Penggaris.
6. *Injector*.

3.1.3 Bahan pengujian

Bahan pengujian yang digunakan dalam uji permeabilitas ini adalah:

1. Kain polyester.

Nama dagang jenis kain polyester yang diuji antara lain:

- Kain polyester jenis 70d.
- Kain polyester jenis Taslan Balon.
- Kain polyester jenis Parasut Ospor.
- Kain polyester jenis Saten Velvet.

2. Sumber Udara Bertekanan.

3. Iso Propanol.

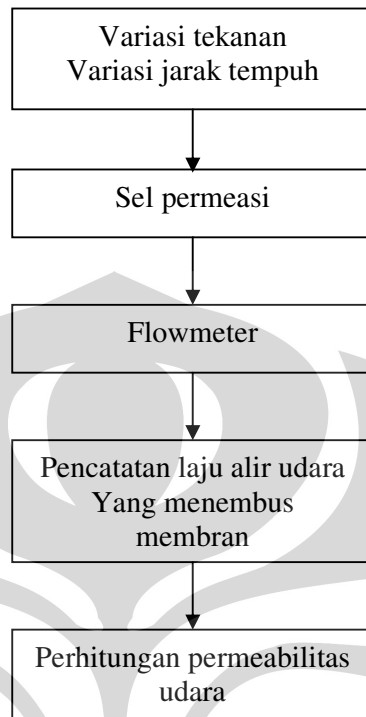
3.1.4 Rancangan Pengujian

Pengujian ini dilakukan berdasarkan untuk mengetahui kemampuan daya tembus (permeabilitas) udara pada sebuah kain polyester yang telah ditentukan pada tekanan tertentu.

Pengujian dilakukan dengan menyiapkan bahan uji yang telah ditentukan dan membentuk bahan uji tersebut sesuai dengan bentuk dan ukuran sel permeasi.

3.1.5 Prosedur Penentuan Laju Alir Udara yang Menembus Membran

Dalam uji permeabilitas bahan dilakukan pengukuran permeabilitas. Untuk menentukan permeabilitas udara data yang dicatat dalam percobaan adalah besarnya laju alir udara yang menembus membran. Skema penelitian untuk menentukan permeabilitas dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.3 Skema uji permeabilitas

Pencatatan laju alir udara yang menembus membran diukur dengan menggunakan *flowmeter*. *Flowmeter* diisi dengan propanol dan sebelum dilakukan pengukuran permeabilitas bahan uji maka perlu dilakukan kalibrasi terlebih dahulu. Kenaikan propanol diukur untuk suatu waktu tertentu kemudian dihitung besarnya permeabilitas dari bahan uji tersebut. Metode ini dilakukan berdasarkan volume sebagai variabel yang diamati (*variable volume method*).

3.1.6 Pengujian

Pada saat proses pengujian langkah-langkah pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- 1) Membran yang telah dipreparasi sesuai dengan bentuk dan ukuran sel permeasi kemudian ditutup rapat. Sel permeasi ini ditutup untuk mencegah bocornya udara yang dilewatkan karena menggunakan udara bertekanan.
- 2) Penyiapan udara tekanan yang dibutuhkan.

- 3) Udara bertekanan dilewatkan ke sel permeasi dan untuk setiap tekanan yang ditentukan akan dicatat lama waktu tempuh pada interval jarak tertentu.
- 4) Pengujian dilakukan pada suhu ruang di laboratorium Rekayasa Produk Kimia di gedung Departemen Teknik Kimia yaitu kurang lebih berkisar pada suhu 25° C.



Gambar 3.4 saat proses pengujian

Langkah perhitungan:

- 1) Dari data jarak dan waktu tempuh untuk masing-masing variasi tekanan dapat dihitung laju permeasi udara yang menembus membran, yang dihitung dengan persamaan:

$$Q = A \times \frac{dl}{dt} \dots\dots\dots(III.1)$$

Keterangan, Q = Laju alir udara menembus membran (cm³ s⁻¹)
 A = Luas penampang *flowmeter* (cm²)
 $\frac{dl}{dt}$ = Jarak yang ditempuh untuk waktu tertentu (cm s⁻¹)

- 2) Laju alir udara pada kondisi standar (STP), 1 atm dan 273 K, Yaitu :

$$Q_{STP} = Q \times \frac{273}{T + 273} \dots\dots\dots(III.2)$$

Keterangan, Q_{STP} = Laju alir udara pada kondisi standar
T = Suhu pengukuran

3) Laju permeasi udara murni pada membran adalah :

$$\frac{P}{l} = \frac{Q_{STP}}{Am(P_i - P_o)} \dots\dots\dots(III.3)$$

Keterangan, $\frac{P}{l}$ = laju permeasi ($\text{cm}^3(\text{STP}).\text{cm}^{-2}.\text{s}^{-1}.\text{cmHg}^{-1}$)

Q_{STP} = Laju alir udara permeat pada kondisi STP
($\text{cm}^3_{(\text{STP})}.\text{s}^{-1}$)

A_m = Luas penampang membran (cm^2)

P_i = Tekanan masuk umpan (cmHg)

P_o = Tekanan masuk permeat (cmHg)

3.2 PENGUKURAN KECEPATAN UDARA PADA *ORIFICE*

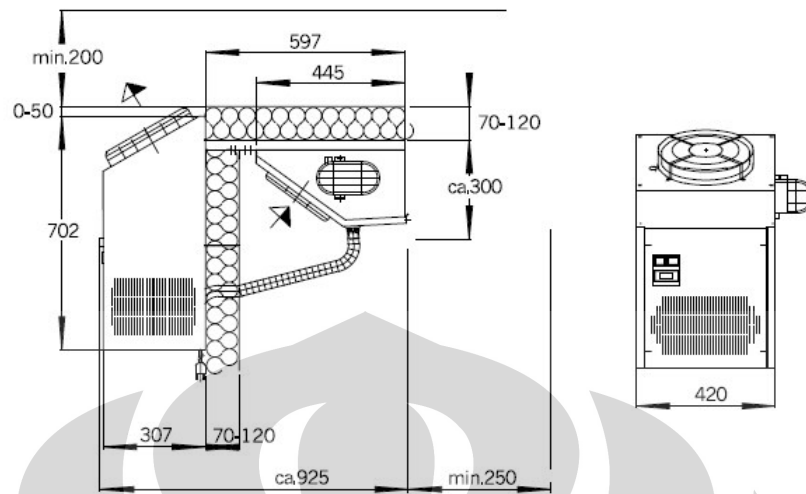
3.2.1 Tempat dan Waktu Pengukuran

Pengujian ini dilaksanakan di laboratorium refrigasi dan tata udara pada kontainer Departemen Teknik Mesin, Universitas Indonesia, Kampus Baru Depok. Pengukuran dilakukan pada tanggal 2 april 2008, pada keadaan cuaca cerah.

3.2.2 Peralatan Pengujian

Proses pengujian dilakukan dengan metode eksperimental, adapun peralatan dan alat uji yang digunakan antara lain:

1. Plug-In Refrigeration Unit GEKN 1200



Gambar 3.5 Dimensi alat *Plug-in Refrigeration* unit GEKN 1200

Sumber udara dingin yang ditiupkan kedalam *textile ducting* berasal dari Guntner type GEKN 1200-W, alat tersebut memiliki spesifikasi sebagai berikut :

- | | |
|---|-----------------------------|
| a. Tahun Pembuatan | = 2006 |
| b. Kapasitas Pendinginan | = 1180 Watt |
| c. Daya Listrik | = 885 Watt |
| d. Tegangan Listrik | = 230 V/50 Hz |
| e. Arus Listrik | = 4,8 Ampere |
| f. Fuse | = C 16 A |
| g. Berat | = 55 Kg |
| h. Cell Volume | = 18 |
| i. Tingkat Suara Tekanan (Sound Pressure Level) | = 59 dBA/lm |
| j. Refrigerant | = R134a |
| k. Kapasitas Refrigerant | = 1,02 Kg |
| l. Tekanan Operasional Maksimum | = 19 bar/-1 bar |
| m. Tipe Perlindungan | = IP 23 |
| n. Debit Aliran Udara Pada <i>Nozzle</i> | = 0.10375 m ³ /s |

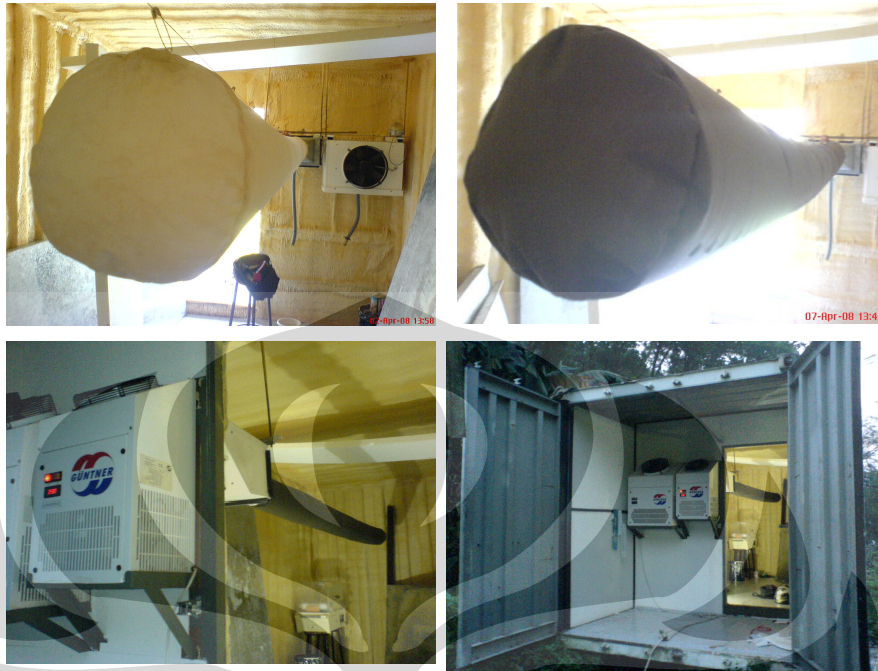


Gambar 3.6 Letak alat *Plug-In refrigeration* unit GEKN 1200

2. *Textile Ducting*

Pemilihan bahan untuk membuat *ducting* merupakan salah satu faktor yang penting, khususnya pada *textile ducting*. Bahan yang digunakan untuk *textile ducting* adalah jenis polyester, panjang *textile ducting* sebesar 3000 mm dan diameter sebesar 200 mm dengan 90 buah *orifice* yang disusun dalam dua baris pada arah jam 4 dan jam 8. jarak antara pusat lubang tersebut adalah 40 mm. Letak lubang pertama dari setiap baris adalah 1200 mm dari sumber udara dingin atau dari sisi *evaporator Plug-in Refrigeration Unit GEKN 1200*

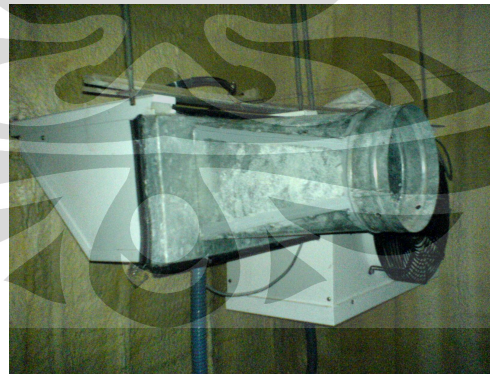




Gambar 3.7 *Tekstil ducting* yang diuji

3. *Nozzle*

Alat ini berfungsi sebagai penghubung dari *evaporator* yang berbentuk persegi panjang menjadi lingkaran dan sebagai tempat untuk memasang *textile ducting* dengan bantuan klem.



Gambar 3.8 *Nozzle*

4. Anemometer

Anemometer adalah sebuah alat yang berfungsi untuk mengukur besarnya kecepatan angin. Alat ini terdiri dari *probe* baling-baling yang

digerakkan oleh angin yang menerpa bilah baling-baling tersebut dimana besarnya kecepatan angin yang terukur dapat langsung dibaca pada alat ukur tersebut.



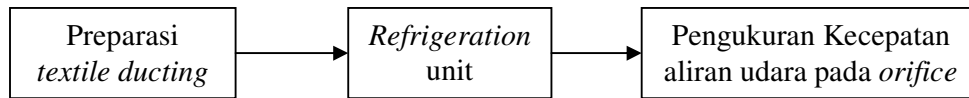
Gambar 3.9 Anemometer yang digunakan

Anemometer adalah jenis Lutron AM 4206 memiliki spesifikasi sebagai berikut :

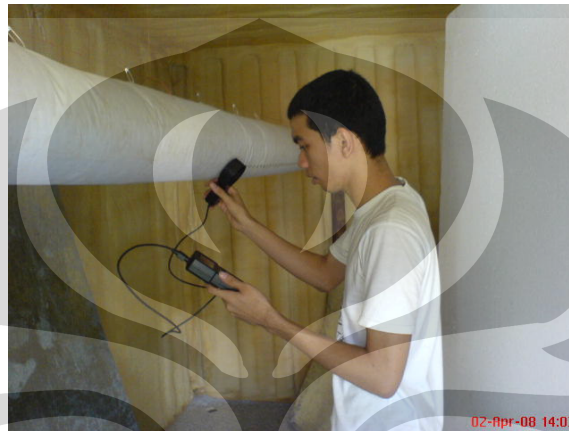
ELECTRICAL SPECIFICATIONS (23 ± 5 °C)			
a. Air velocity			
<i>Measurement</i>	<i>Range</i>	<i>Resolution</i>	<i>Accuracy</i>
m/s	0.4 - 25.0 m/s	0.1 m/s	± (2% + 2d)
km/h	1.4 - 90.0 km/h	0.1 km/h	
mile/h	0.9 - 55.9 mile/h	0.1 mile/h	
knots	0.8 - 48.8 knots	0.1 knots	
ft/min	80 - 4930 ft/min	1 ft/min	± (2% + 20 ft/min)
b. Air flow			
<i>Measurement</i>	<i>Range</i>	<i>Resolution</i>	<i>Area</i>
CMM (m ³ /min.)	0 - 999,900 m ³ /min.	0.001 - 100 m ³ /min.	0.001 - 9,999 m ³ /min.
CFM (ft ³ /min.)	0 - 999,900 ft ³ /min.	0.001 - 100 ft ³ /min.	0.001 - 9,999 ft ³ /min.
c. Air temperature			
Temperature(°C)	0 to 50 °C	0.1 °C	0.8 °C
Temperature(°F)	32 to 122 °F	0.1 °F	1.5 °F

3.2.3 Prosedur Pengukuran

Distribusi kecepatan pada setiap *orifice* merupakan salah satu indikasi penyebaran udara dari *textile ducting*, selain itu distribusi udara pada ruangan juga ikut mempengaruhi faktor kenyamanan dalam ruangan. Untuk mengetahui kecepatan alir udara dari *orifice* pada *textile ducting* kira melakukan pengukuran dengan mengalirkan udara, setelah itu besarnya kecepatan aliran udara dapat diukur langsung menggunakan anemometer.



Gambar 3.10 Skema uji pengamatan aliran udara pada *orifice*



Gambar 3.11 Saat proses pengukuran

3.2.4. Perhitungan Debit Aliran Udara Pada *Orifice*

Setelah diketahuinya kecepatan aliran udara pada setiap *orifice* maka kita dapat mengetahui besarnya debit aliran udara pada *orifice*, dimana debit aliran udara pada *orifice* ini perlu diketahui untuk menghitung selisih debit aliran udara yang terjadi antara debit aliran udara pada keluaran *nozzle* dengan jumlah debit aliran udara pada *orifice textile ducting*.

Dimana debit aliran udara dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$Q = V \times A \dots\dots\dots(III.4)$$

- Keterangan :
- Q = Debit (m³/s)
 - V = Kecepatan Udara (m/s)
 - A = Luas Penampang (m²)

3.3 PENGUKURAN KELEMBABAN RELATIF

3.3.1 Tempat dan Waktu Pengukuran

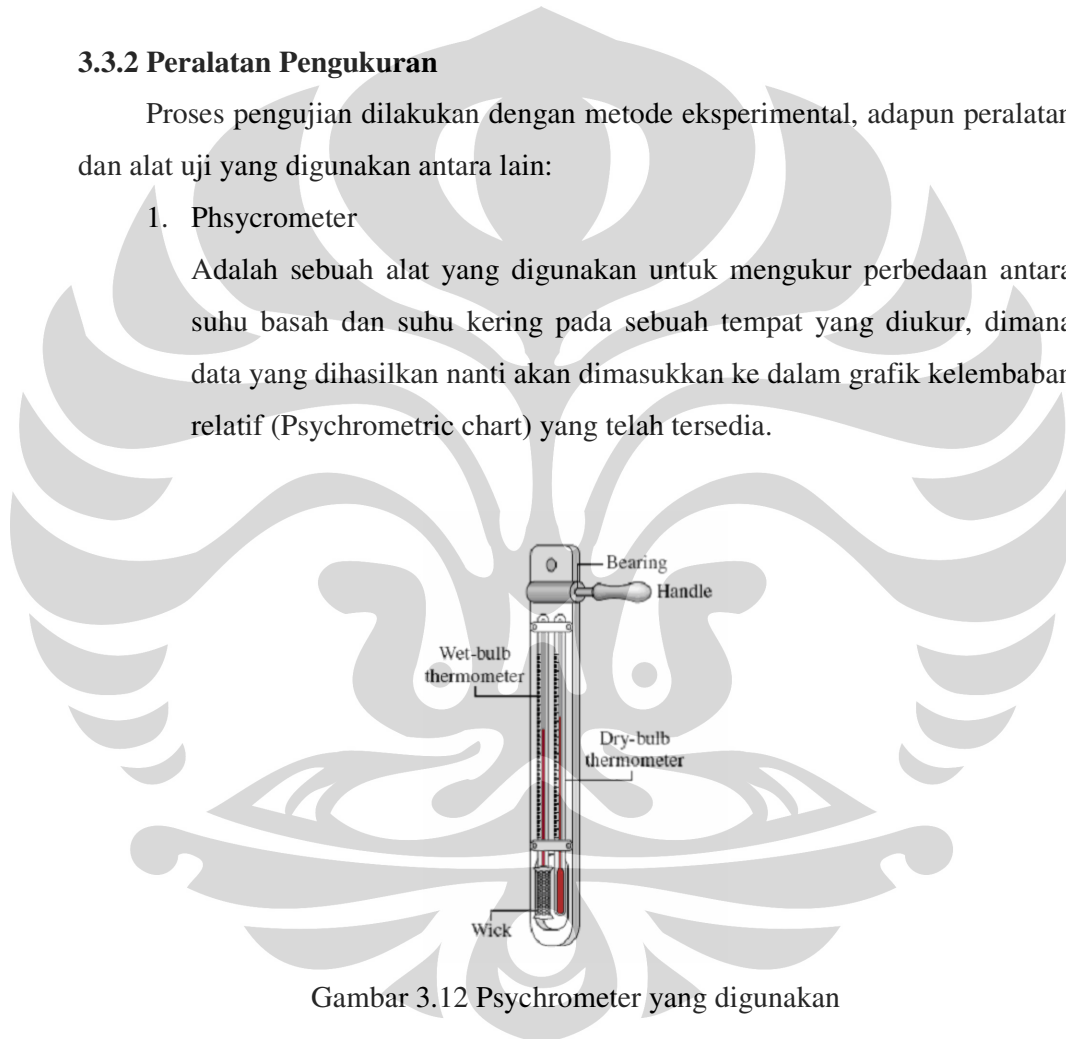
Pengukuran ini dilaksanakan di laboratorium refrigasi dan tata udara pada kontainer Departemen Teknik Mesin, Universitas Indonesia, Kampus Baru Depok. Pengukuran dilakukan pada tanggal 9 april dan 1 mei 2008 pada keadaan cuaca cerah berawan.

3.3.2 Peralatan Pengukuran

Proses pengujian dilakukan dengan metode eksperimental, adapun peralatan dan alat uji yang digunakan antara lain:

1. Phsycrometer

Adalah sebuah alat yang digunakan untuk mengukur perbedaan antara suhu basah dan suhu kering pada sebuah tempat yang diukur, dimana data yang dihasilkan nanti akan dimasukkan ke dalam grafik kelembaban relatif (Psychrometric chart) yang telah tersedia.

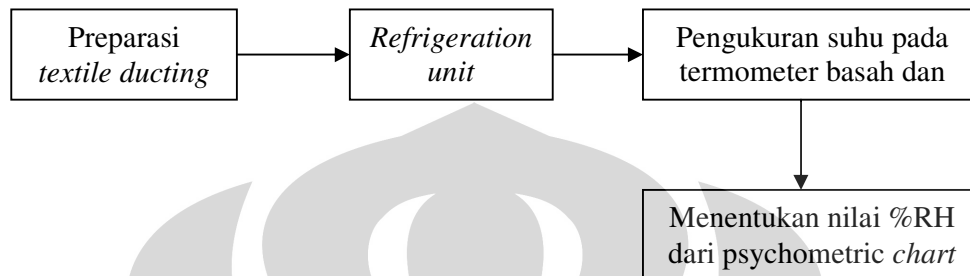


Gambar 3.12 Psychrometer yang digunakan

Hygrometer yang digunakan memiliki spesifikasi sebagai berikut:
Terdiri dari dua buah thermometer air raksa tipe basah dan kering
Mercury – Complete Unit : 0/+100°C

3.3.3 Prosedur Pengukuran

Untuk prosedur pengukuran yang dilakukan adalah sebagai berikut :



Gambar 3.13 Skema uji kelembaban relatif

3.4 PENIMBANGAN BERAT *TEXTILE DUCTING*

3.4.1 Tempat dan Waktu Penimbangan

Penimbangan ini dilaksanakan di laboratorium refrigasi dan tata udara pada kontainer Departemen Teknik Mesin, Universitas Indonesia, Kampus Baru Depok. Penimbangan dilakukan pada tanggal 24 april 2008 pada keadaan cerah berawan.

3.3.2 Peralatan Penimbangan

Proses penimbangan dilakukan dengan metode eksperimental, adapun peralatan dan alat uji yang digunakan antara lain:

1. Timabangan digital

Adalah sebuah alat yang digunakan untuk mengetahui massa dari sebuah benda yang ditimbang, dimana berat dari benda yang ditimbang tersebut dapat diketahui langsung melalui *display* yang terdapat pada alat tersebut.



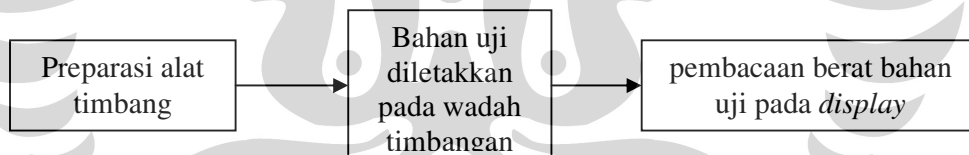
Gambar 3.14 Jenis timbangan yang digunakan

Alat ukur yang digunakan memiliki spesifikasi sebagai berikut ini:

Specification		
Capacity	Physical	Accuracy
Gram: 2000	Display Refresh: 10 times/second	Percentage Min. Div: 0.1%
Milligrams: N/A	Pan Size: 133 x 170mm/ 5.2 x 6.7 inches	Counting Min: 0.1g
Decimal Ounce: 70.550	Dimensions (mm): 190(W) x 218(D) x 53(H)	Linearity: $\pm 0.1g$
Troy Ounce: 64.300	Dimensions (in): 7.5(W) x 8.6(D) x 2.1(H)	Repeatability: 0.1g
Pennyweight: 1286.0	Breeze Break (mm): N/A	Stabilization Time: N/A
Carat: 10000.0	Breeze Break (in): N/A	Sensitivity Drift: $\pm 20ppm/^{\circ}C$ ($10^{\circ}C \sim 30^{\circ}C$ / $50^{\circ}F \sim 86^{\circ}F$)
Momme: 533.35	Operating Temp: $-10^{\circ}C \sim 40^{\circ}C$ / $41^{\circ}F \sim 104^{\circ}F$ RH less than 85%	
Grain Unit: 30864	Weight: Approximately 1.5kg	
Tael: 52.910	Power: AC adapter or Ni-MH battery pack (option)	
Tola: N/A	Std Accessories: Manual, AC Adapter	

3.4.3 Prosedur Penimbangan

Prosedur penimbangan yang dilakukan adalah sebagai berikut ini :



Gambar 3.15 Skema uji penimbangan

BAB IV

ANALISA DATA

4.1 ANALISA UJI PERMEABILITAS

Bahan kain, untuk *textile ducting*, mempunyai karakteristik yang berbeda-beda untuk setiap jenisnya. Untuk mengetahui kemampuan daya tembus udara pada kain, maka dilakukan pengujian permeabilitas udara. Pada pengujian permeabilitas udara, data yang dicatat dalam percobaan adalah besarnya laju alir udara yang menembus kain. Laju aliran ini tergantung pada besarnya tekanan yang diberikan. Dengan persamaan yang telah kita ketahui pada bab III dan berdasarkan data yang diperoleh dari percobaan, kita dapat mengetahui hubungan antara tekanan dan permeabilitas.

Pengujian pertama:

TASLAN BALON

1

NO	TEKANAN (Psig(cmHg))	Jarak (cm)	Waktu alir (detik)	DI/Dt	Q (cm ³ s ⁻¹)	Qstp	P/L
1	0.5 (25.8575366)	5	0	0	0	0	0
		10	0	0	0	0	0
		15	0	0	0	0	0
2	1 (51.7150733)	5	0	0	0	0	0
		10	0	0	0	0	0
		15	0	0	0	0	0

Tabel 4.1. Permeabilitas taslan balon 1.

TASLAN BALON

2

NO	TEKANAN (Psig(cmHg))	Jarak (cm)	Waktu alir (detik)	DI/Dt	Q (cm ³ s ⁻¹)	Qstp	P/L
1	0.5 (25.8575366)	5	0	0	0	0	0
		10	0	0	0	0	0
		15	0	0	0	0	0
2	1 (51.7150733)	5	0	0	0	0	0
		10	0	0	0	0	0
		15	0	0	0	0	0

Tabel 4.2. Permeabilitas taslan balon 2.

POLYESTER 70d

NO	TEKANAN (Psig(cmHg))	Jarak (cm)	Waktu alir (detik)	DI/Dt	Q (cm ³ s ⁻¹)	Qstp	P/L
1	0.5 (25.8575366)	5	0	0	0	0	0
		10	0	0	0	0	0
		15	0	0	0	0	0
2	1 (51.7150733)	5	0	0	0	0	0
		10	0	0	0	0	0
		15	0	0	0	0	0

Tabel 4.3. Permeabilitas polyester 70d.

PARASUT OSPOR

NO	TEKANAN (Psig(cmHg))	Jarak (cm)	Waktu alir (detik)	DI/Dt	Q (cm ³ s ⁻¹)	Qstp	P/L
1	0.5 (25.8575366)	5	0.4	12.5	0.102747885	0.094128096	0.000289829
		10	0.73	13.69863014	0.112600422	0.103154078	0.000317621
		15	1.18	12.71186441	0.104489375	0.095723487	0.000294742
2	1 (51.7150733)	5	0.32	15.625	0.128434856	0.11766012	0.000362287
		10	0.55	18.18181818	0.149451469	0.136913594	0.00042157
		15	0.78	19.23076923	0.158073669	0.144812455	0.000445891

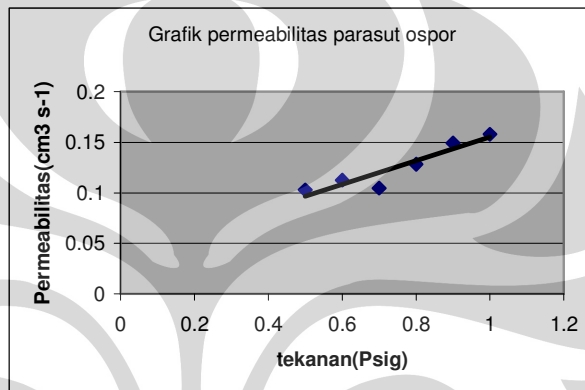
Tabel 4.4. Permeabilitas parasut ospor.

SATEN VELVET

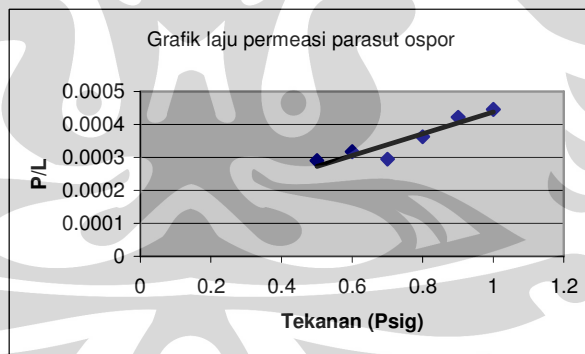
NO	TEKANAN (Psig(cmHg))	Jarak (cm)	Waktu alir (detik)	DI/Dt	Q (cm ³ s ⁻¹)	Qstp	P/L
1	0.5 (25.8575366)	5	0.2	25	0.20549577	0.188256192	0.000579659
		10	0.36	27.77777778	0.228328633	0.209173547	0.000644065
		15	0.41	36.58536585	0.300725517	0.275496866	0.000848281
2	1 (51.7150733)	5	0.18	27.77777778	0.228328633	0.209173547	0.000644065
		10	0.27	37.03703704	0.304438178	0.278898062	0.000858754
		15	0.35	42.85714286	0.352278463	0.322724901	0.000993701

Tabel 4.5. Permeabilitas saten velvet.

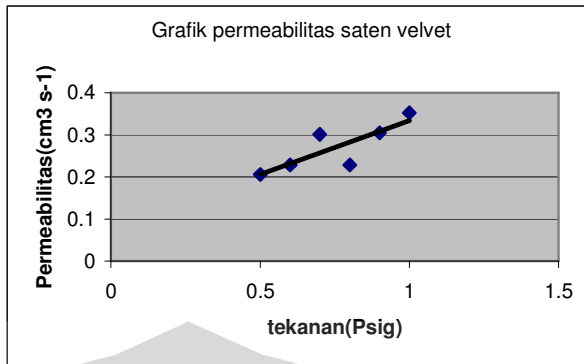
Grafik hasil percobaan



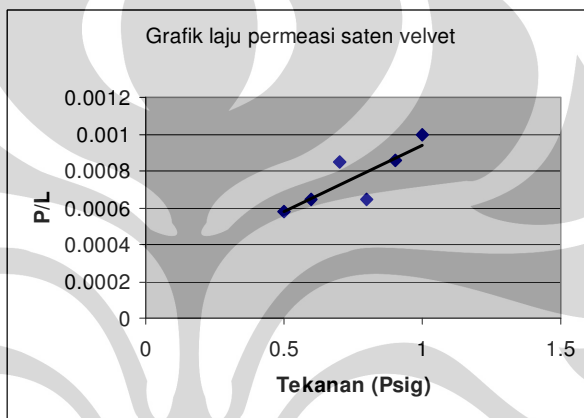
Gambar 5.1. Grafik permeabilitas parasut ospor.



Gambar 5.2. Grafik laju permeasi parasut ospor.



Gambar 5.3. Grafik permeabilitas saten velvet.



Gambar 5.4. Grafik laju permeasi saten velvet.

Pengujian kedua:

TASLAN BALON 1

NO	TEKANAN (Psig(cmHg))	Jarak (cm)	Waktu alir (detik)	DI/Dt	Q (cm ³ s ⁻¹)	Qstp	P/L
1	0.5 (25.8575366)	5	0	0	0	0	0
		10	0	0	0	0	0
		15	0	0	0	0	0
2	1 (51.7150733)	5	0	0	0	0	0
		10	0	0	0	0	0
		15	0	0	0	0	0

Tabel 4.6. Permeabilitas taslan balon 1.

**TASLAN
BALON 2**

NO	TEKANAN	Jarak	Waktu alir	DI/Dt	Q	Qstp	P/L
----	---------	-------	------------	-------	---	------	-----

	(Psig(cmHg))	(cm)	(detik)		(cm ³ s ⁻¹)		
1	0.5	5	0	0	0	0	0
	(25.8575366)	10	0	0	0	0	0
		15	0	0	0	0	0
2	1	5	0	0	0	0	0
	(51.7150733)	10	0	0	0	0	0
		15	0	0	0	0	0

Tabel 4.7. Permeabilitas taslan balon 2.

POLYESTER 70d

NO	TEKANAN (Psig(cmHg))	Jarak (cm)	Waktu alir (detik)	DI/Dt	Q (cm ³ s ⁻¹)	Qstp	P/L
1	0.5	5	0	0	0	0	0
	(25.8575366)	10	0	0	0	0	0
		15	0	0	0	0	0
2	1	5	0	0	0	0	0
	(51.7150733)	10	0	0	0	0	0
		15	0	0	0	0	0

Tabel 4.8. Permeabilitas polyester 70d.

PARASUT OSPOR

NO	TEKANAN (Psig(cmHg))	Jarak (cm)	Waktu alir (detik)	DI/Dt	Q (cm ³ s ⁻¹)	Qstp	P/L
1	0.5	5	0.38	13.15789474	0.108155668	0.099082206	0.000305084
	(25.8575366)	10	0.7	14.28571429	0.117426154	0.107574967	0.000331234
		15	0.98	15.30612245	0.125813737	0.115258893	0.000354893
2	1	5	0.3	16.66666667	0.13699718	0.125504128	0.000386439
	(51.7150733)	10	0.48	20.83333333	0.171246475	0.15688016	0.000483049
		15	0.71	21.12676056	0.173658397	0.15908974	0.000489853

Tabel 4.9. Permeabilitas parasut ospor.

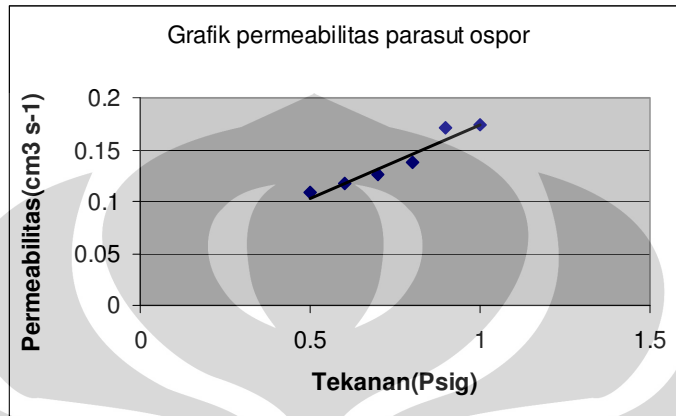
SATEN VELVET

NO	TEKANAN (Psig(cmHg))	Jarak (cm)	Waktu alir (detik)	DI/Dt	Q (cm ³ s ⁻¹)	Qstp	P/L
1	0.5	5	0.25	20	0.164396616	0.150604954	0.000463727
	(25.8575366)	10	0.42	23.80952381	0.195710257	0.179291611	0.000552056
		15	0.51	29.41176471	0.241759729	0.221477873	0.000681952
2	1	5	0.2	25	0.20549577	0.188256192	0.000579659
	(51.7150733)	10	0.31	32.25806452	0.265155832	0.242911215	0.000747947

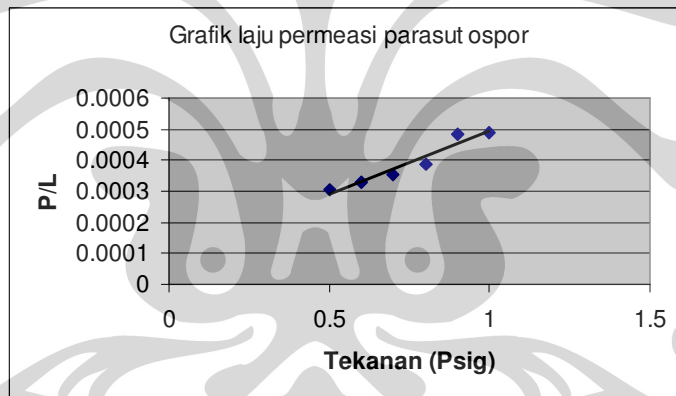
		15	0.38	39.47368421	0.324467005	0.297246619	0.000915251
--	--	----	------	-------------	-------------	-------------	-------------

Tabel 4.10. Permeabilitas saten velvet.

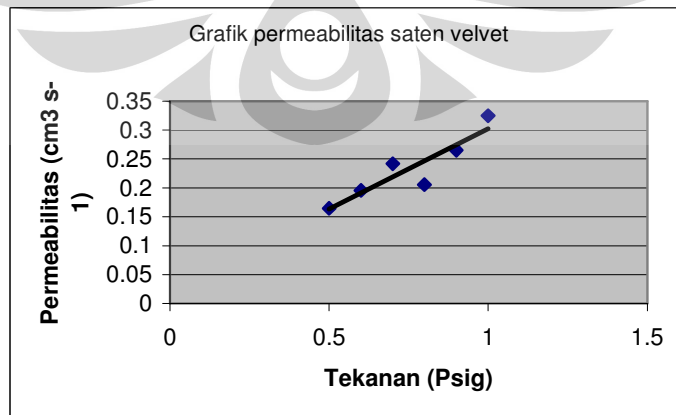
Grafik hasil percobaan



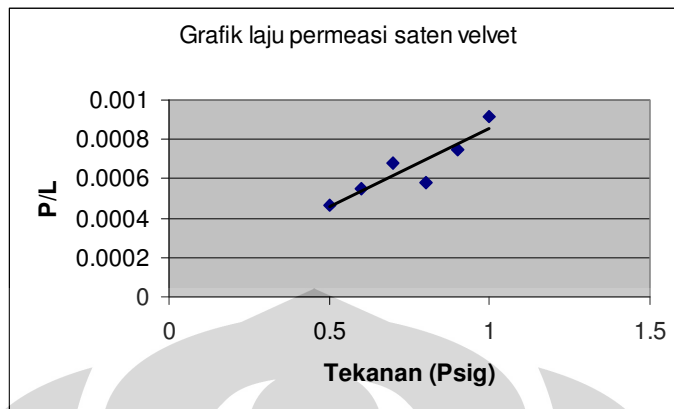
Gambar 5.5. Grafik permeabilitas parasut ospor.



Gambar 5.6. Grafik laju permeasi parasut ospor.



Gambar 5.7. Grafik permeabilitas saten velvet.



Gambar 5.8. Grafik laju permeasi saten velvet.

Pengujian ketiga:

TASLAN BALON 1

NO	TEKANAN (Psig(cmHg))	Jarak (cm)	Waktu alir (detik)	DI/Dt	Q (cm ³ s ⁻¹)	Qstp	P/L
1	0.5 (25.8575366)	5	0	0	0	0	0
		10	0	0	0	0	0
		15	0	0	0	0	0
2	1 (51.7150733)	5	0	0	0	0	0
		10	0	0	0	0	0
		15	0	0	0	0	0

Tabel 4.11. Permeabilitas taslan balon 1.

TASLAN BALON 2

NO	TEKANAN (Psig(cmHg))	Jarak (cm)	Waktu alir (detik)	DI/Dt	Q (cm ³ s ⁻¹)	Qstp	P/L
1	0.5 (25.8575366)	5	0	0	0	0	0
		10	0	0	0	0	0
		15	0	0	0	0	0
2	1	5	0	0	0	0	0

	(51.7150733)	10	0	0	0	0	0
		15	0	0	0	0	0

Tabel 4.12. Permeabilitas taslan balon 2.

POLYESTER 70d

NO	TEKANAN (Psig(cmHg))	Jarak (cm)	Waktu alir (detik)	DI/Dt	Q (cm ³ s ⁻¹)	Qstp	P/L
1	0.5	5	0	0	0	0	0
	(25.8575366)	10	0	0	0	0	0
		15	0	0	0	0	0
2	1	5	0	0	0	0	0
	(51.7150733)	10	0	0	0	0	0
		15	0	0	0	0	0

Tabel 4.13. Permeabilitas polyester 70d.

PARASUT OSPOR

NO	TEKANAN (Psig(cmHg))	Jarak (cm)	Waktu alir (detik)	DI/Dt	Q (cm ³ s ⁻¹)	Qstp	P/L
1	0.5	5	0.48	10.41666667	0.085623237	0.07844008	0.00024152
	(25.8575366)	10	0.64	15.625	0.128434856	0.11766012	0.00036229
		15	0.98	15.30612245	0.125813737	0.11525889	0.00035489
2	1	5	0.3	16.66666667	0.13699718	0.12550413	0.00038644
	(51.7150733)	10	0.48	20.83333333	0.171246475	0.15688016	0.00048305
		15	0.68	22.05882353	0.181319797	0.1661084	0.00051146

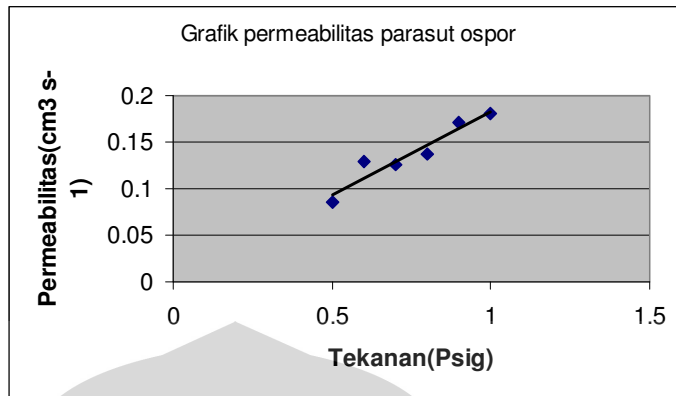
Tabel 4.14. Permeabilitas parasut ospor.

SATEN VELVET

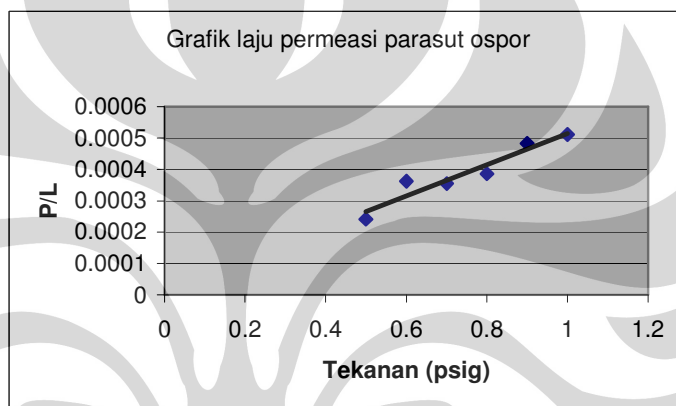
NO	TEKANAN (Psig(cmHg))	Jarak (cm)	Waktu alir (detik)	DI/Dt	Q (cm ³ s ⁻¹)	Qstp	P/L
1	0.5	5	0.22	22.72727273	0.186814336	0.17114199	0.00052696
	(25.8575366)	10	0.36	27.77777778	0.228328633	0.20917355	0.00064407
		15	0.4	37.5	0.308243655	0.28238429	0.00086949
2	1	5	0.18	27.77777778	0.228328633	0.20917355	0.00064407
	(51.7150733)	10	0.3	33.33333333	0.27399436	0.25100826	0.00077288
		15	0.37	40.54054054	0.333236384	0.30528031	0.00093999

Tabel 4.15. Permeabilitas saten velvet.

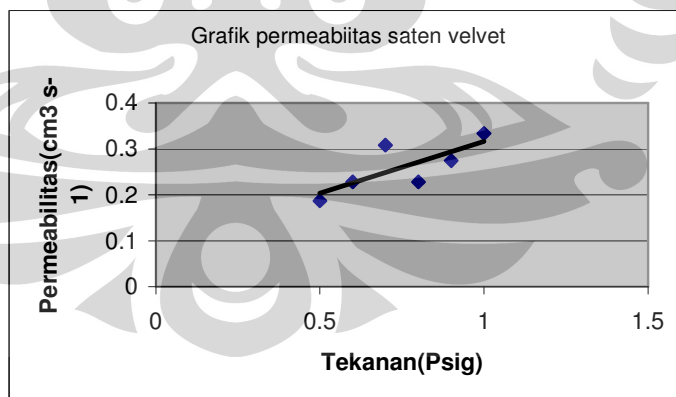
Grafik hasil percobaan



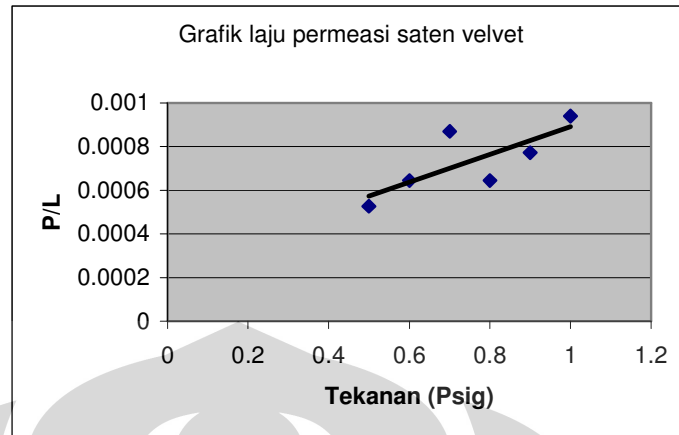
Gambar 5.9. Grafik permeabilitas parasut ospor.



Gambar 5.10. Grafik laju permeasi parasut ospor.



Gambar 5.11. Grafik permeabilitas saten velvet.



Gambar 5.12. Grafik laju permeasi saten velvet.

4.2 ANALISA PENGUKURAN KECEPATAN UDARA PADA *ORIFICE*

4.2.1 Pada Bahan Polyester Polyurethane Putih

ARAH JAM 8

NO	V (m/s)	NO	V (m/s)	NO	V (m/s)	NO	V (m/s)	NO	V (m/s)
1	1.74	11	1.95	21	1.85	31	1.72	41	1.75
2	1.7	12	1.93	22	1.84	32	1.73	42	1.76
3	1.7	13	1.92	23	1.77	33	1.7	43	1.74
4	1.71	14	1.94	24	1.81	34	1.79	44	1.76
5	1.73	15	1.92	25	1.79	35	1.82	45	1.79
6	1.7	16	1.93	26	1.85	36	1.8		
7	1.71	17	1.95	27	1.77	37	1.83		
8	1.73	18	1.77	28	1.73	38	1.84		
9	1.7	19	1.79	29	1.8	39	1.8		
10	1.71	20	1.73	30	1.83	40	1.84		

Tabel 4.16. Distribusi kecepatan udara pada *orifice* polyester polyurethane putih arah jam 8.

ARAH JAM 4

NO	V (m/s)	NO	V (m/s)	NO	V (m/s)	NO	V (m/s)	NO	V (m/s)
1	1.23	11	1.25	21	1.35	31	1.42	41	1.51
2	1.17	12	1.27	22	1.41	32	1.49	42	1.46
3	1.13	13	1.35	23	1.44	33	1.48	43	1.45
4	1.18	14	1.41	24	1.37	34	1.46	44	1.48
5	1.15	15	1.47	25	1.37	35	1.45	45	1.53
6	1.16	16	1.48	26	1.57	36	1.38		
7	1.22	17	1.29	27	1.56	37	1.42		
8	1.24	18	1.37	28	1.55	38	1.61		

9	1.32	19	1.35	29	1.41	39	1.6
10	1.23	20	1.36	30	1.51	40	1.45

Tabel 4.17. Distribusi kecepatan udara pada *orifice* polester polyurethane putih arah jam 4.

4.2.2. Pada Bahan Taslan Balon Coklat/Putih

ARAH JAM 8

NO	V (m/s)	NO	V (m/s)	NO	V (m/s)	NO	V (m/s)	NO	V (m/s)
1	1.96	11	1.85	21	1.87	31	1.88	41	1.86
2	1.95	12	1.84	22	1.81	32	1.82	42	1.87
3	1.95	13	1.82	23	1.83	33	1.84	43	1.86
4	1.97	14	1.81	24	1.89	34	1.85	44	1.84
5	1.98	15	1.82	25	1.81	35	1.83	45	1.87
6	1.95	16	1.83	26	1.83	36	1.82		
7	1.93	17	1.87	27	1.81	37	1.83		
8	1.95	18	1.85	28	1.83	38	1.84		
9	1.86	19	1.82	29	1.81	39	1.86		
10	1.81	20	1.92	30	1.87	40	1.84		

Tabel 4.18. Distribusi kecepatan udara pada *orifice* taslan balon coklat/putih arah jam 8.

ARAH JAM 4

NO	V (m/s)	NO	V (m/s)	NO	V (m/s)	NO	V (m/s)	NO	V (m/s)
1	1.53	11	1.57	21	1.52	31	1.54	41	1.7
2	1.54	12	1.51	22	1.58	32	1.56	42	1.71
3	1.54	13	1.52	23	1.54	33	1.51	43	1.74
4	1.57	14	1.56	24	1.5	34	1.55	44	1.72
5	1.62	15	1.5	25	1.53	35	1.52	45	1.72
6	1.53	16	0.49	26	1.55	36	1.54		
7	1.51	17	1.52	27	1.57	37	1.56		
8	1.57	18	1.55	28	1.61	38	1.75		
9	1.54	19	1.51	29	1.57	39	1.73		
10	1.48	20	1.57	30	1.5	40	1.75		

Tabel 4.19. Distribusi kecepatan udara pada *orifice* taslan balon coklat/putih arah jam 4.

4.3 ANALISA DEBIT ALIRAN UDARA PADA *ORIFICE TEXTILE DUCTING*

4.3.1 Pada *Textile Ducting* Polyester Polyurethane Putih

ARAH JAM 8

NO	Q(m ³ /s)	NO	Q(m ³ /s)	NO	Q(m ³ /s)	NO	Q(m ³ /s)	NO	Q(m ³ /s)
1	0.00022098	11	0.00024765	21	0.00023495	31	0.00021844	41	0.00022225
2	0.0002159	12	0.00024511	22	0.00023368	32	0.00021971	42	0.00022352
3	0.0002159	13	0.00024384	23	0.00022479	33	0.0002159	43	0.00022098
4	0.00021717	14	0.00024638	24	0.00022987	34	0.00022733	44	0.00022352
5	0.00021971	15	0.00024384	25	0.00022733	35	0.00023114	45	0.00022733
6	0.0002159	16	0.00024511	26	0.00023495	36	0.0002286		
7	0.00021717	17	0.00024765	27	0.00022479	37	0.00023241		
8	0.00021971	18	0.00022479	28	0.00021971	38	0.00023368		
9	0.0002159	19	0.00022733	29	0.0002286	39	0.0002286		
10	0.00021717	20	0.00021971	30	0.00023241	40	0.00023368		

Tabel 4.20. Distribusi debit aliran udara pada *orifice* polyester polyurethane putih arah jam 8.

ARAH JAM 4

NO	Q(m ³ /s)	NO	Q(m ³ /s)	NO	Q(m ³ /s)	NO	Q(m ³ /s)	NO	Q(m ³ /s)
1	0.00015621	11	0.00015875	21	0.00017145	31	0.00018034	41	0.00019177
2	0.00014859	12	0.00016129	22	0.00017907	32	0.00018923	42	0.00018542
3	0.00014351	13	0.00017145	23	0.00018288	33	0.00018796	43	0.00018415
4	0.00014986	14	0.00017907	24	0.00017399	34	0.00018542	44	0.00018796
5	0.00014605	15	0.00018669	25	0.00017399	35	0.00018415	45	0.00019431
6	0.00014732	16	0.00018796	26	0.00019939	36	0.00017526		
7	0.00015494	17	0.00016383	27	0.00019812	37	0.00018034		
8	0.00015748	18	0.00017399	28	0.00019685	38	0.00020447		
9	0.00016764	19	0.00017145	29	0.00017907	39	0.0002032		
10	0.00015621	20	0.00017272	30	0.00019177	40	0.00018415		

Tabel 4.21. Distribusi debit aliran udara pada *orifice* polyester polyurethane putih arah jam 4.

Total debit pada *textile ducting* polyurethane putih = 0.01816481 m³/s.

4.3.2 Pada *Textile Ducting* Taslan Balon Coklat/Putih

ARAH JAM 8

NO	Q(m ³ /s)	NO	Q(m ³ /s)	NO	Q(m ³ /s)	NO	Q(m ³ /s)	NO	Q(m ³ /s)
1	0.00024892	11	0.00023495	21	0.00023749	31	0.00023876	41	0.00023622
2	0.00024765	12	0.00023368	22	0.00022987	32	0.00023114	42	0.00023749
3	0.00024765	13	0.00023114	23	0.00023241	33	0.00023368	43	0.00023622
4	0.00025019	14	0.00022987	24	0.00024003	34	0.00023495	44	0.00023368
5	0.00025146	15	0.00023114	25	0.00022987	35	0.00023241	45	0.00023749
6	0.00024765	16	0.00023241	26	0.00023241	36	0.00023114		
7	0.00024511	17	0.00023749	27	0.00022987	37	0.00023241		
8	0.00024765	18	0.00023495	28	0.00023241	38	0.00023368		
9	0.00023622	19	0.00023114	29	0.00022987	39	0.00023622		

10	0.00022987	20	0.00024384	30	0.00023749	40	0.00023368
----	------------	----	------------	----	------------	----	------------

Tabel 4.22. Distribusi debit aliran udara pada *orifice* taslan balon coklat/putih arah jam 8.

ARAH JAM 4

NO	Q(m3/s)	NO	Q(m3/s)	NO	Q(m3/s)	NO	Q(m3/s)	NO	Q(m3/s)
1	0.00019431	11	0.00019939	21	0.00019304	31	0.00019558	41	0.0002159
2	0.00019558	12	0.00019177	22	0.00020066	32	0.00019812	42	0.00021717
3	0.00019558	13	0.00019304	23	0.00019558	33	0.00019177	43	0.00022098
4	0.00019939	14	0.00019812	24	0.0001905	34	0.00019685	44	0.00021844
5	0.00020574	15	0.0001905	25	0.00019431	35	0.00019304	45	0.00021844
6	0.00019431	16	0.00006223	26	0.00019685	36	0.00019558		
7	0.00019177	17	0.00019304	27	0.00019939	37	0.00019812		
8	0.00019939	18	0.00019685	28	0.00020447	38	0.00022225		
9	0.00019558	19	0.00019177	29	0.00019939	39	0.00021971		
10	0.00018796	20	0.00019939	30	0.0001905	40	0.00022225		

Tabel 4.23. Distribusi debit aliran udara pada *orifice* taslan balon coklat/putih arah jam 4.

Total debit pada *textile ducting* taslan balon coklat/putih = 0.01950847 m³/s.

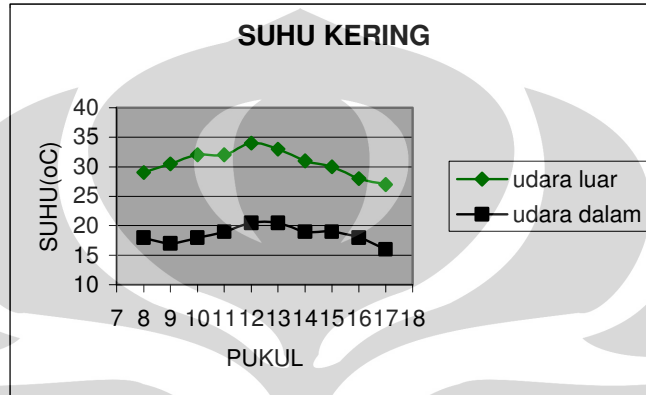
4.4. ANALISA PENGUKURAN KELEMBABAN UDARA

Pada suhu mesin 7° C

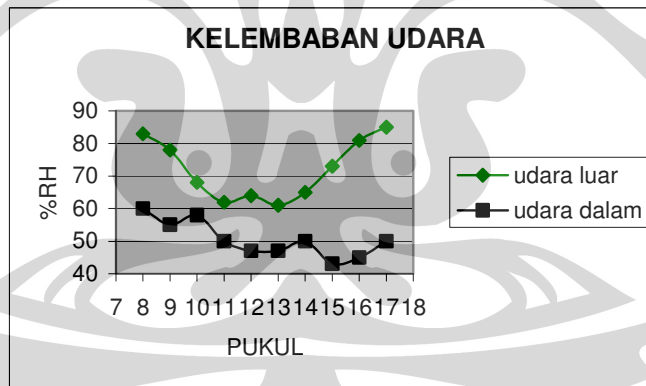
09/04/08 JAM	UDARA LUAR			UDARA DALAM		
	SUHU BASAH	SUHU KERING	% Rh	SUHU BASAH	SUHU KERING	% Rh
07,00	MESIN START					
08,00	26.5	29	83	13.5	18	60
09,00	27	30.5	78	12	17	55
10,00	27	32	68	13	18	58
11,00	26	32	62	13	19	50
12,00	28	34	64	13.5	20.5	47
13,00	26.5	33	61	13.5	20.5	47
14,00	25.5	31	65	13	19	50
15,00	26	30	73	12	19	43
16,00	25.5	28	81	11.5	18	45
17,00	25	27	85	10.5	16	50

Tabel 4.24. Data suhu lingkungan dan suhu ruangan pada suhu mesin 7°C.

Grafik hasil percobaan



Gambar 5.13. Grafik suhu kering.



Gambar 5.14. Grafik kelembaban udara.

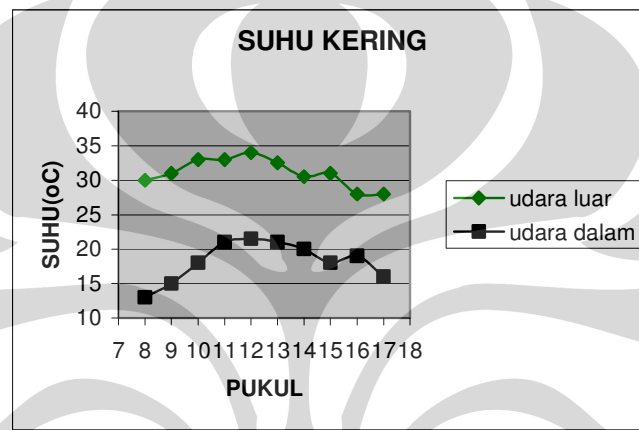
Pada suhu mesin 10° C

01/05/08 JAM	UDARA LUAR			UDARA DALAM		
	SUHU KERING	SUHU BASAH	% Rh	SUHU KERING	SUHU BASAH	% Rh
07,00	MESIN START					
08,00	30	25	67	13	11	79
09,00	31	26	67.5	15	11.5	66
10,00	33	27.5	66	18	12	48

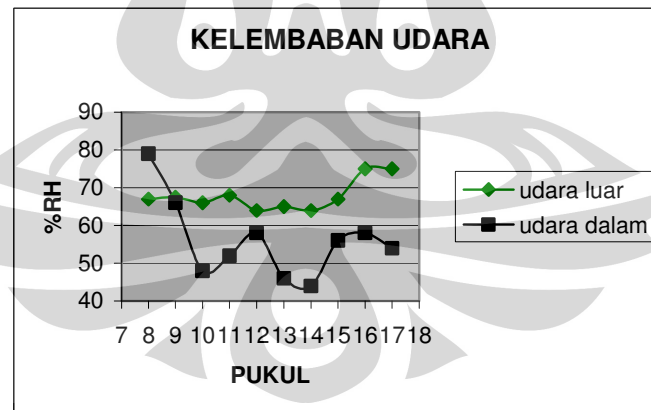
11,00	33	26	68	21	15	52
12,00	34	28	64	21.5	16	58
13,00	32.5	27	65	21	14	46
14,00	30.5	25	64	20	13	44
15,00	31	26	67	18	13	56
16,00	28	25	75	19	14	58
17,00	28	25	75	16	11	54

Tabel 4.25. Data suhu lingkungan dan suhu ruangan pada suhu mesin 10°C.

Grafik hasil percobaan



Gambar 5.15. Grafik suhu kering .



Gambar 5.16. Grafik kelembaban udara.

4.5. ANALISA PENIMBANGAN BERAT *TEXTILE DUCTING*

- Berat *textile ducting* bahan taslan balon coklat/putih.
= 408.5 gram = 0.4085 Kg.

- Berat *textile ducting* bahan polyester polyurethane putih.
= 230.9 gram = 0.2309 Kg.
- Berat bahan *textile ducting* taslan balon coklat/putih persatuan luas.
= $\frac{16.79 \text{ gram}}{900 \text{ cm}^2} = 0.0186 \frac{\text{gram}}{\text{cm}^2} = 0.186 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$.
- Luas bersih *textile ducting* .
= luas silinder *ducting* – total luas *orifice*.
= $(2 \times \pi \times r \times l) - (\pi \times r^2) \times 90$.
= $(2 \times 3.14 \times 0.1 \times 3) - (3.14 \times 0.00635) \times 90$.
= 1.9154 – 0.011394.
= 1.904006 m².



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 KESIMPULAN

Dari hasil pengujian uji permeabilitas maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Bahan tekstil, merupakan salah satu komponen penting untuk *textile ducting* jenis *high throw*, untuk type *orifice*, dibutuhkan kain yang kedap udara.
- 2) Permeabilitas/kemampuan daya tembus udara pada kain yang diuji dipengaruhi oleh kerapatan tenunan dan *coating* yang digunakan pada jenis bahan tersebut.
- 3) Semakin tinggi tekanan yang diberikan kepada kain, maka jumlah udara yang melewati kain akan semakin besar.
- 4) Bahan kain polyester jenis 70d dan taslan balon tidak memiliki permeabilitas pada tekanan yang diberikan, sehingga dapat dikatakan bahwa jenis kain ini adalah kedap udara.
- 5) Kecepatan udara keluaran pada *orifice* pada *textile ducting* ini cenderung memiliki kecepatan yang merata.
- 6) Kecepatan udara keluaran pada *orifice textile ducting* berbahan taslan balon coklat/putih memiliki kecepatan yang lebih besar dibandingkan dengan *textile ducting* berbahan polyester polyurethane putih dengan kondisi masukan udara yang sama dari *plug-in refrigerator*.
- 7) Debit aliran udara pada *textile ducting* taslan balon coklat/putih lebih besar dari pada debit aliran udara pada *textile ducting* polyester polyurethane putih, dengan selisih sebesar $0.00134366 \text{ m}^3/\text{s}$.
- 8) Debit aliran udara pada *nozzle* sebesar $0,10375 \text{ m}^3/\text{s}$. Debit aliran udara pada *textile ducting* polyester polyurethane putih sebesar $0,0182 \text{ m}^3/\text{s}$, sehingga terdapat selisih sebesar $0,08555 \text{ m}^3/\text{s}$. Debit pada *textile ducting* taslan balon coklat/putih sebesar $0,0195 \text{ m}^3/\text{s}$, sehingga terdapat selisih sebesar $0,08425 \text{ m}^3/\text{s}$.

- 9) Terdapat perbedaan debit antara *nozzle* dengan *textile ducting* yang cukup signifikan, hal ini disebabkan oleh perbedaan diameter *orifice* dengan diameter bilah baling-baling anemometer yang cukup besar, sehingga pengukuran kecepatan aliran udara pada keluaran *orifice* tidak akurat.
- 10) Semakin rendah suhu operasi maka semakin tinggi besarnya %RH.
- 11) *Textile ducting* berbahan talsan balon coklat/putih memiliki massa yang lebih besar dibandingkan dengan *textile ducting* berbahan polyester putih.
- 12) Untuk aplikasi khusus, kemungkinan *textile ducting* dapat juga dipakai pada ruang-ruang didalam kapal, khususnya kapal pesiar:
Ruang-ruang tersebut diantaranya:
 - Ruang akomodasi.
 - Ruang kontrol.
 - *Wheel room*.
 - Kabin.

4.2 SARAN

Setiap bahan/jenis kain yang akan digunakan untuk penggunaan *textile ducting* harus diuji permeabilitasnya

- 1) Untuk penggunaan *textile ducting* jenis *High Throw* sebaiknya memiliki sifat kedap udara.
- 2) Jenis kain taslan balon adalah jenis kain yang dapat digunakan sebagai bahan *textile ducting* jenis *High Throw*, karena memiliki sifat kedap udara.
- 3) Untuk keperluan daerah-daerah yang perlu percabangan, dapat dirancang aksesoris dari bahan yang sama, misalnya *elbow*, *tee*.

DAFTAR ACUAN

- [1] Wilbert F.Stoecker, Jerold W.Jones, *Refrigerasi dan Pengkondisian Udara*, terj. Ir.Supratman Hara (Jakarta: Erlangga, 1982).
- [2] Carrier, 1962,"Technical Development of Program Air Conditioning System Design", Carrier Air Conditioning Company.
- [3] Carrier, 1965, "Handbook of Air Conditioning System Design",McGraw-Hill Inc.
- [4] ASTM D737-96, Standard Test Method for Air Permeability of Textile Fabrics. Philadelphia; American Society for Testing And Material
- [5] Lucia, Anda."Thesis S2 Preparasi dan Karakterisasi Membran Fixed Carrier Untuk Pemisahan CO₂/CH₄ Pada Tekanan 1043-517.1 cmHg." Departemen Teknik Gas dan Petrokimia Universitas Indonesia, 2006, Depok.
- [6] Mulder, Marcel."Principle of Membrane Technology. "(Netherland:Kluwer Academic Publisher, 1991).
- [7] Ramaiah Kotra, Xiao Gao (2004). "Polyester Fibers". Diakses 18 Pebruari 2008 dari Utk.
<http://web.utk.edu/~mse/pages/Textiles/Polyester%20fibers.htm>
- [8] Oktesa, Yulfari. "Pola Keluaran Aliran Udara Orifice Textile Ducting Berbahan Polyester." Departemen Teknik Mesin Universitas Indonesia, 2007.

DAFTAR PUSTAKA

ASTM D737-96, Standard Test Method for Air Permeability of Textile Fabrics. Philadelphia; American Society for Testing And Material.

Carrier, 1965, Handbook of Air Conditioning System Design, McGraw-Hill Inc.

Carrier, 1962, "Technical Development of Program Air Conditioning System Design", Carrier Air Conditioning Company.

DucSox, 2007, *Engineering and Design Manual*, DucSox Corporation.

Lucia, Anda. "Thesis S2 Preparasi dan Karakterisasi Membran *Fixed Carrier* untuk Pemisahan CO₂/CH₄ pada Tekanan 1043-517.1cmHg." Departemen Teknik Gas dan Petrokimia Universitas Indonesia, 2006, Depok.

Mulder, Marcel. "Principle of Membrane Technology." (Netherland:Kluwer Academic Publisher, 1991).

Ramaiah Kotra, Xiao Gao (2004). "Polyester Fibers". Diakses 18 Pebruari 2008 dari Utk.

<http://web.utk.edu/~msc/pages/Textiles/Polyester%20fibers.htm>.

Wilbert F.Stoecker, Jerold W.Jones, Refrigasi dan Pengkondisian Udara, terj. Ir.Supratman Hara (jakarta:Erlangga, 192).

LAMPIRAN

LAMPIRAN 2. TUFTEX SPECIFICATION

Old Format / Location:

Division 15, Section 15800

2005 Master Spec Format:

Section/Category: [23 37 16]

A. TufTex Fabric: Air diffusers shall be constructed of a coated woven fire retardant fabric complying with the following physical characteristics:

1. Fabric Construction: 100% Polyester
2. Coating: Non-air permeable coating
3. Weight: 8.2 oz./yd² per ASTM D3776
4. Color: (MUST SPECIFY-blue, white, red, green, or black)
5. Air Permeability: 0 cfm/ft² per ASTM D737, Frazier
6. Temperature Range: 0 degrees F to 180 degrees F
7. Fire Retardancy: Classified by Underwriters Laboratories in accordance with the flame spread/smoke developed requirements of NFPA 90-A.

B. SYSTEMS FABRICATION REQUIREMENTS:

1. Air dispersion accomplished by linear vent and is to consist of an array of open *orifices* rather than a mesh style vent to reduce maintenance requirements of mesh style vents. Linear vents should also be designed to minimize dusting on fabric surface.
2. Size of and location of linear vents to be specified and approved by manufacturer.
3. Inlet connection to metal duct via fabric draw band with anchor patches as supplied by manufacturer. Anchor patches to be secured to metal duct via. zip screw fastener – supplied by contractor.
4. Inlet connection includes zipper for easy removal / maintenance.
5. Lengths to include required zippers as specified by manufacturer.

6. System to include Adjustable Flow Devices to balance turbulence, airflow and distribution as needed. Flow restriction device shall include ability to adjust the airflow resistance from 0.06 – 0.60 in w.g. static pressure.
7. End cap includes zipper for easy maintenance.
8. Fabric system shall include connectors to accommodate suspension system listed below.
9. Any deviation from a straight run shall be made using a gored elbow or an efficiency tee. Normal 90 degree elbows are 5 gores and the radius of the elbow is 1.5 times the diameter of the DuctSox.

C. DESIGN PARAMETERS:

1. Fabric air diffusers shall be designed from 0.25” water gage minimum to 3.1” maximum, with 0.5” as the standard.
2. Fabric air diffusers shall be limited to design temperatures between 0 degrees F and 180 degrees F (-17.8 degrees C and 82 degrees C).
3. Design CFM, static pressure and diffuser length shall be designed or approved by the manufacturer.
4. Do not use fabric diffusers in concealed locations.
5. Use fabric diffusers only for positive pressure air distribution components of the mechanical ventilation system.

D. SUSPENSION HARDWARE: (one of following)

1. **Tension Cable:** System shall be installed using a tension cable system including a single (1 Row) or double strands (2 Row) of cable located 3” above top-dead-center (1 Row) or 3” above the 10 and 2 o’clock locations of the DuctSox system. 2 Row supports are required for systems of 32” diameter and larger. Hardware to include cable, eye bolts, cable clamps and turnbuckle(s) as required. System attachment shall be made using nylon snap clips spaced 24 inches. Component options include (must specify per area if multiple on same project):

1. Standard Galvanized Steel Cable
2. Standard Stainless Steel Cable
3. Heavy Weight Stainless Steel Cable
4. Plastic Coated Stainless Steel Cable

2. Suspended H-Track: System shall include a single (1 Row) or double (2 Row) runs of aluminum H-Track system located 1.5” above top-dead-center (1 Row) or 1.5” above the 10 and 2 o’clock (2 Row) locations of DuctSox system. 2 Row supports are required for systems of 32” diameter and larger. Hardware to include 10’ sections of track, splice connectors, track end caps and vertical cable support kits – consisting of a length of cable with a locking stud end and Gripple quick cable connectors. Radius aluminum track must be included for all radius sections.

Fabric / Track attachment

- a. Cord In continuous supporting cord (not suggested for systems >24” Dia.)
- b. Snap Tabs are a detachable sliding tab positioned every 24” along the length of the system (all diameters).

Hardware components (optional)

- a. Provide 316 Stainless Steel components including coupler assembly, vertical cable support and Gripple quick cable connector.

3. Flush-Mount Track: System shall include aluminum Flush-Mount system located 1.5” above top-dead-center of DuctSox system. Hardware to include 12’ section of track, Snap Tabs, splice connections and end caps as required. Snap Tabs must promote easy sliding movement through aluminum track and must be detachable from the fabric. Radius aluminum track for support of the elbows through the corners using either Snap Tabs or Cord-In.

Fabric / Track attachment

- a. Cord In continuous supporting cord (not suggested for systems >24" Dia.)
 - b. Snap Tabs are a detachable sliding tab positioned every 24" along the length of the system (all diameters).
- 4. Surface Mount:** System shall include aluminum Flush-Mount system located flush with the top of DuctSox system. Width between mounting points (of the track to the ceiling) shall be 2" wider than the specified diameter of the D-Shape DuctSox. Hardware to include 12' sections of track, splice connections and end caps as required. System attachment shall be made by cord sewn into top side flaps of DuctSox system supported entire length.

PART 3 - INSTALLATION














































3.01 INSTALLATION OF FABRIC AIR DISPERSION SYSTEM:

- A. Install chosen suspension system in accordance with the requirements of the manufacturer. Instructions for installation shall be provided by the manufacturer with product.

3.02 CLEANING AND PROTECTION:

- A. Clean air handling unit and ductwork prior to the DuctSox system unit-by-unit as it is installed. Clean external surfaces of foreign substance which may cause corrosive deterioration of facing.
- B. Temporary Closure: At ends of ducts which are not connected to equipment or distribution devices at time of ductwork installation, cover with polyethylene film or other covering which will keep the system clean until installation is completed.
- C. If DuctSox systems become soiled during installation, they should be removed and cleaned following the manufacturers standard terms of laundry.

**LAMPIRAN 2. TABEL REKOMENDASI TEXTILE DUCTING UNTUK
DESAIN**

	Design Steps 3	4	5
Application	Fabric Options	Model/Airflow	Suspension & Attachment Options
Food Processing	<u>Microbe-X</u> Sedona-Xm or Verona	<u>LT or CF</u> CF	 Stainless Steel Components
Industrial, Manufacturing, Warehousing & Distribution	<u>Sedona-Xm or Verona</u> <u>TufTex or DuraTex</u> PolyTex (36" dia. max)	<u>CF</u> <u>CF or HT</u> HT	  
Pools	Sedona-Xm or Verona	CF	   Stainless Steel Components
Gymnasium	<u>Sedona-Xm or Verona</u> <u>TufTex or DuraTex</u>	<u>CF</u> <u>CF or HT</u>	   
Office	<u>Sedona-Xm or Verona</u> <u>TufTex or DuraTex</u>	<u>CF</u> <u>CF or HT</u>	    
Retail Grocery Store	<u>Sedona-Xm or Verona</u> <u>TufTex or DuraTex</u>	<u>CF</u> <u>CF or HT</u>	    
Restaurant, Bar, Cafeteria	<u>Sedona-Xm or Verona</u> <u>TufTex or DuraTex</u>	<u>CF</u> <u>CF or HT</u>	    
Library, School Classroom	<u>Sedona-Xm or Verona</u> <u>TufTex or DuraTex</u>	<u>CF</u> <u>CF or HT</u>	    
Telecommunications	Stat-X	CF	 
Auditorium, Sport Arena, Convention Center, Church	<u>Sedona-Xm or Verona</u> <u>TufTex or DuraTex</u>	<u>CF</u> <u>CF or HT</u>	    
Temporary Structure, Animal Housing, Tent	<u>Verona</u> <u>DuraTex</u> PolyTex(36" dia. max)	<u>CF</u> <u>CF or HT</u> HT	 
Clean Room, Test Lab	<u>Stat-X or Verona</u> <u>Sedona-Xm</u> Microbe-X	<u>CF</u> <u>CF or LT*</u> CF or LT	    

LAMPIRAN 3. TABEL KOEFISIEN GESEK POLYESTER

Folder	Material Name	Coefficient of Friction
<input type="checkbox"/> 1	<u>Overview - Polybutylene Terephthalate (PBT), Unreinforced, Molded</u>	0.19
<input type="checkbox"/> 2	<u>Overview - Polybutylene Terephthalate (PBT), Glass Fiber Filled, Flame Retardant</u>	0.2
<input type="checkbox"/> 3	<u>Overview - Polybutylene Terephthalate (PBT), Carbon Fiber Filled</u>	0.12 - 0.13
<input type="checkbox"/> 4	<u>Overview - Polybutylene Terephthalate (PBT), Aramid Fiber Filled</u>	0.14
<input type="checkbox"/> 5	<u>Overview - Polybutylene Terephthalate (PBT), PTFE Filled</u>	0.17 - 0.2
<input type="checkbox"/> 6	<u>Overview - Polybutylene Terephthalate (PBT), Glass Fiber + PTFE Filled</u>	0.25
<input type="checkbox"/> 7	<u>Overview - Polyethylene Terephthalate (PET), Glass Fiber Filled, Flame Retardant</u>	0.16 - 0.2
<input type="checkbox"/> 8	<u>Overview - Polyethylene Terephthalate (PET), 20% Glass Reinforced</u>	0.27
<input type="checkbox"/> 9	<u>Overview - Polyethylene Terephthalate (PET), 30% Glass Reinforced</u>	0.13 - 0.17
<input type="checkbox"/> 10	<u>Overview - Polyethylene Terephthalate (PET), 40% Glass Reinforced</u>	0.15
<input type="checkbox"/> 11	<u>Overview - Polyethylene Terephthalate (PET), 50% Glass Reinforced</u>	0.2
<input type="checkbox"/> 12	<u>Overview - Polyethylene Terephthalate (PET), 60% Glass Reinforced</u>	0.18
<input type="checkbox"/> 13	<u>Overview - Polyethylene Terephthalate (PET), Glass/Mineral Reinforced</u>	0.19
<input type="checkbox"/> 14	<u>Overview - PET-P Polyester, Extruded</u>	0.2
<input type="checkbox"/> 15	<u>Overview - Polyester Film</u>	0.2 - 0.5
<input type="checkbox"/> 16	<u>Quadrant EPP Ertalyte® PET-P, Polyester-semi-crystalline thermoplastic, extruded</u>	0.2
<input type="checkbox"/> 17	<u>Quadrant EPP Ertalyte® TX, Polyester-semi-crystalline thermoplastic with solid lubricant, extruded</u>	0.19
<input type="checkbox"/> 18	<u>ComAlloy E-13370B Internally Lubricated, Glass Fiber Reinforced Polyester Alloy</u>	0.13
<input type="checkbox"/> 19	<u>ComAlloy E-16026N Internally Lubricated, Carbon Fiber Reinforced Polyester Alloy</u>	0.13

<input type="checkbox"/>	20	<u>DuPont Teijin Films Melinex® 800 Polyester Packaging Film, 48 Gauge</u>	0.4
<input type="checkbox"/>	21	<u>DuPont Teijin Films Melinex® 800C Polyester Packaging Film, 48 Gauge</u>	0.4
<input type="checkbox"/>	22	<u>DuPont Teijin Films Melinex® 800C Polyester Packaging Film, 75 Gauge</u>	0.4
<input type="checkbox"/>	23	<u>DuPont Teijin Films Melinex® 813 Polyester Packaging Film, 48 Gauge</u>	0.4
<input type="checkbox"/>	24	<u>DuPont Teijin Films Melinex® 822 Polyester Packaging Film, 48 Gauge</u>	0.4
<input type="checkbox"/>	25	<u>DuPont Teijin Films Melinex® 854 Polyester Packaging Film, 60 Gauge</u>	0.5
<input type="checkbox"/>	26	<u>DuPont Teijin Films Melinex® 864 Polyester Packaging Film, 48 Gauge</u>	0.4
<input type="checkbox"/>	27	<u>DuPont Teijin Films Melinex® ECO™ 813G Polyester Packaging Film, 48 Gauge</u>	0.4
<input type="checkbox"/>	28	<u>DuPont Selar® PT 4274 Polyester Barrier Resin</u>	0.2
<input type="checkbox"/>	29	<u>DuPont Selar® PT 8307 Polyester Barrier Resin</u>	0.35
<input type="checkbox"/>	30	<u>Eastman Eastar A150 Copolyester, Film</u>	0.6
<input type="checkbox"/>	31	<u>Eastman Eastar 5445 PCTG Copolyester, Film</u>	0.5
<input type="checkbox"/>	32	<u>Ensinger ENSITEP® PET (Polyethylene Terephthalate) - Extruded Products</u>	0.25
<input type="checkbox"/>	33	<u>LNP (GE Plastics) Lubricomp® WFL-4034 Polybutylene Terephthalate, Glass Fiber Reinforced, PTFE Lubricant</u>	0.3
<input type="checkbox"/>	34	<u>LNP (GE Plastics) Lubricomp® WFL-4036 Polybutylene Terephthalate, Glass Fiber Reinforced, PTFE Lubricant</u>	0.57
<input type="checkbox"/>	35	<u>LNP (GE Plastics) Lubricomp® WFL-4036 BK8-115 Polybutylene Terephthalate, Glass Fiber Reinforced, PTFE Lubricant</u>	0.48
<input type="checkbox"/>	36	<u>LNP (GE Plastics) Lubricomp® WL-4040 Polybutylene Terephthalate, PTFE Additive</u>	0.39
<input type="checkbox"/>	37	<u>LNP (GE Plastics) Lubricomp® YL-4530 Thermoplastic Polyester Elastomer, Silicone + PTFE Lubricant</u>	0.48
<input type="checkbox"/>	38	<u>LNP (GE Plastics) Thermocomp® WF-1004 Polybutylene Terephthalate, Glass Fiber Reinforcement</u>	0.59
<input type="checkbox"/>	39	<u>Luvocom® 1850/GF/30/TF/13/SI/2 Glass Fiber, Silicone and PTFE Filled PBT</u>	0.12

- | | | | |
|--------------------------|----|---|------|
| <input type="checkbox"/> | 40 | <u>Omnia Plastica - Arnite Omnialite - PET</u> | 0.25 |
| <input type="checkbox"/> | 41 | <u>Techmer Lehvoss Compounds Plaslube® J-1850/30/TF/15 PBT, 30% GFR, 15% PTFE</u> | 0.25 |



**LAMPIRAN 4.TEXTILE POLYESTER YANG DIGUNAKAN PADA
PENGUJIAN**

TASLAN BALON 1



BAGIAN DEPAN

BAGIAN BELAKANG

TASLAN BALON 2

BAGIAN DEPAN

BAGIAN BELAKANG

POLYESTER 70d



BAGIAN DEPAN BAGIAN BELAKANG
LAMPIRAN 5. PERHITUNGAN BIAYA PEMBUATAN *TEXTILE*
DUCTING

Bahan Polyester Panjang 4 m
4m x Rp 13,000,00 per meter = Rp 52,000,00

Proses Pembuatan
Menjahit Menjadi Bentuk Silinder
dan Pembuatan Lubang *Orifice*
Rp 40,000,00 = Rp 40,000,00

Harga *Nozzle*
Rp.90,000,00 = Rp 90,000,00

Harga Klem
2 x RP.10,000,00 = Rp 20,000,00

Total Biaya = Rp 202,000,00

LAMPIRAN 6. GAMBAR-GAMBAR SURVEY *TEXTILE DUCTING*



Gambar L. 3. *Textile Ducting* digunakan di Makro Ciputat

LAMPIRAN 7. DATA TEKNIS REFRIGERATION UNIT.

Typenschlüssel: GEK N 1200 / 1 - H

<p>Güntner Einbaukältesatz</p>	<p>N Normalkühlbereich -5°C ... +12°C</p>	<p>T Tiefkühlbereich -25°C ... -5°C</p>	<p>Gerätetyp Hochtemperatur- ausführung</p>
------------------------------------	---	---	---

H=Huckepack
 SP=Spaltausführung
 W=Wandeinbau
 D=Deckeneinbau

Gehäuse:
Stabil, verwindungsfrei, Verflüssigergehäuse Stahlblech verzinkt, weiß pulverbeschichtet RAL 9003. Verdampfergehäuse ALMg3, weiß pulverbeschichtet RAL 9003.

Verdichter:
Geräuscharmer, vollhermetischer Markenhubkolbenverdichter mit Motorschutz.

Verdampfer:
Hochleistungswärmeaustauscher aus Kupferrohr mit Aluminiumlamellen; Eurovent zertif. Verdampfer der Baureihen GDF und GHF bei "H" und "W"-Ausführung. Durch die angepaßten Lamellenabstände (4 mm für Normalkühlung, 7 mm für Tiefkühlung) werden lange Standzeiten bei Bereifung erreicht.

Verflüssiger:
Luftgekühlter Hochleistungswärmeaustauscher aus Kupferrohr mit Aluminiumlamellen, ausgelegt für maximale Umgebungstemperaturen von 40°C. (für "Hochtemperatur-Ausführung" Typ GEK.D/1 bis 45°C)

Ventilatoren:
Geräuscharme Axialventilatoren Schutzart IP 44 nach DIN 40050 Einsatzbereich: -30°C bis +40°C Berührungsschutzgitter nach EN 294 Motorschutz: Thermokontakte eingebaut Isolationsklasse B

Steuerung:
230V/50 Hz, programmierbarer Kühlstellenregler mit digitaler Temperaturanzeige, zeitgesteuerte elektrische Abtauung über integrierte Heizstäbe, Anzeige bei Über- oder Unterschreiten der eingestellten Raumtemperatur, Betriebsmeldeleuchten für das Aggregat und die Zellenbeleuchtung.

Kältetechnik:
Umweltfreundliche Sicherheitskältemittel R134a (Normalkühlung) bzw. R404A (Tiefkühlung), alle Gerätetypen mit thermostatischer Ventileinspritzung und Tauwasserverdunstung.

Zubehör:
Winterregelung, Spannungsüberwachung, Ölumpfheizung, Kabelfernbedienung.

Bei der Konzeption der Einbaukältesätze wurde großer Wert auf die Verwendung handelsüblicher hochwertiger Bauteile gelegt, wodurch bei evtl. Störungen längere Ausfallzeiten der Geräte vermieden werden. Selbstverständlich sind alle Ersatzteile auch ab Werk lieferbar.

Housing:
Extremely durable, robust, condenser housing galvanized steel sheet, white powder-coated to RAL 9003. Evaporator housing ALMg3, white powder-coated to RAL 9003.

Compressor:
Silent, hermetic, reciprocating compressor produced by well-known manufacturer, with motor protection.

Evaporator:
High-capacity heat exchanger made of copper tubes with aluminium fins; Eurovent certifi. evaporator in series GDF and GHF, versions "H" and "W". Optimized fin spacing (4 mm for cold rooms units, 7 mm for freezer units) ensures long defrost intervals.

Condenser:
Aircooled high-capacity heat exchanger made of copper tubes with aluminium fins; designed for maximum ambient temperatures of 40°C. (for "High ambient temperature design" Type GEK.D/1 up to 45°C)

Fans:
Low-noise axial fans Protection IP 44 as spec. in DIN 40050 Area of use: -30°C to +40°C Screen protection as spec. in EN 294 Motor protection: thermo contacts built-in Insulation class B

Control:
230V/50 Hz, programmable refrigeration controller with digital temperature display, time-controlled electrical defrost via integrated heating rods, automatic defrost timer, display of excessive or insufficient room temperature, operation signal lamps for the refrigeration units as well as the cold store light.

Refrigeration technique:
Ozone-friendly safety refrigerant R134a (for cold rooms units) and R404A (for freezer units), all units with thermostatic valve injection and thaw water evaporation.

Auxiliaries:
Low ambient temperature control, voltage control, oil body heating, remote operation.

When designed the refrigeration units great attention has been paid to the use of standard commercial, high quality components, thus avoiding long periods of downtime. All spare parts are available ex works.

Hans Güntner GmbH
Wärmeaustauscher
Industriestrasse 14
D-82256 Fürstenfeldbruck

Telefon +49 (0) 81 41-242-0
Telefax +49 (0) 81 41-242-155
email guentner@guentner.de
Internet www.guentner.de

Technische Änderungen vorbehalten!
Vorausgegangene Prospekte verlieren ihre Gültigkeit.
Subject to technical amendments without prior notice!
Supersedes previously published data.

07/2002 GEK Seite 10



Einbau-Kältesatz

Refrigeration units



GEK

R134a, R404A

steckfertiges Kühlagregat

alle Typen 230 V/1Ph

Markenverdichter

Bauformen: Sattleinbau, Wandeinbau,

Split-Version, Deckenaufleger

Leistungsbereich 560 W - 3000 W

plug-in refrigeration unit

all units with 230 V/1Ph

brand-name compressor

construction forms: saddle installation, mounting on

walls, mounting on ceilings, split system

Power range 560 W - 3000 W

www.guentner.de

07/02

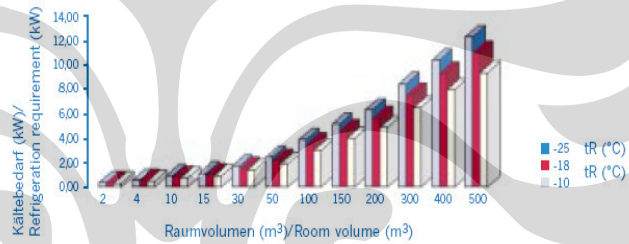
Basis für den Kältebedarf

Basis for refrigeration requirements



Kältebedarf
Normalkühlung in kW
Refrigeration requirement
Cold room operation in kW

Basis für die Kühllastberechnung:	Basis for cool load operation:
Umgebungstemperatur Zelle: 32°C	Ambient temperature of cold store: 32°C
Isolierstärke: 70 mm	Insulation thickness: 70 mm
Wärmedurchgangszahl: k = 0,27 W/m²K	Thermal throughput coefficient: k = 0,27 W/m²K
Laufzeit Verdichter: 16 h	Compressor run time: 16 h
Beschickung: 30 kg/m²d	Charge: 30 kg/m²d
Abkühlung: 15 K	Cooling: 15 K



Kältebedarf
Tiefkühlung in kW
Refrigeration requirement
Freezer operation in kW

Basis für die Kühllastberechnung:	Basis for cool load operation:
Umgebungstemperatur Zelle: 32°C	Ambient temperature of cold store: 32°C
Isolierstärke: 100 mm	Insulation thickness: 100 mm
Wärmedurchgangszahl: k = 0,19 W/m²K	Thermal throughput coefficient: k = 0,19 W/m²K
Laufzeit Verdichter: 18 h	Compressor run time: 18 h
Beschickung: 30 kg/m²d	Charge: 30 kg/m²d
Abkühlung: 4 K	Cooling: 4 K

Um die Ware unter optimalen Bedingungen frisch zu halten und um kostbare Energie einzusparen ist ein Kälteaggregat nach einer entsprechenden Kältebedarfsberechnung auszuwählen. Die Auswahl nach dem Zellenvolumen sollte für immer der Vergangenheit angehören. Der Kältebedarf aus den untenstehenden Diagrammen ist kein Ersatz für eine Kältebedarfsberechnung und nur unter den hier angegebenen Bedingungen gültig. Für andere Bedingungen sprechen Sie bitte mit Ihrem Kältefachmann oder lassen sich von dem Hersteller der Kühlzelle oder des Einbaukältesatzes beraten.

In order to keep the goods fresh under the best possible conditions and save valuable energy, a refrigeration unit must be selected using an appropriate refrigeration requirement calculation. Selection according to cold store volume should now be a thing of the past. The refrigeration requirements in the following diagrams are no substitute for a refrigeration requirement calculation and are only valid under the conditions specified here. For other conditions, please contact your refrigeration specialist or consult the manufacturer of the cold store or refrigeration unit.

Einsatzgrenzen und Betriebshinweise für Güntner Einbaukältesätze

Usage limits and operating instructions of the Güntner refrigeration units

Normalkühlung Cold room unit

Raumtemperatur: -5°C bis +12°C
Außentemperatur: +2°C bis +45°C 1)
Kälteleistung: 630 bis 3000 W 2)

Room temperature: -5°C bis +12°C
Outside temperature: +2°C bis +45°C 1)
Cooling capacity: 630 bis 3000 W 2)

Tiefkühlung Freezer unit

Raumtemperatur: -25°C bis -5°C
Außentemperatur: +2°C bis +45°C 1)
Kälteleistung: 560 bis 1800 W 3)

Room temperature: -25°C bis -5°C
Outside temperature: +2°C bis +45°C 1)
Cooling capacity: 560 bis 1800 W 3)

*Die Geräte sind nur
für eine spritzwasserge-
schützte Aufstellung
geeignet.*

*The equipment is only
suitable for
splash-proof installation*

1 Bei Außentemperaturen kleiner als 10°C empfiehlt sich der Einsatz einer Winterregelung, evtl. kann das anfallende Kondensat hier nicht mehr komplett über die Tauwasserverdunstung abgeführt werden. In diesem Falle muss über den Notablauf (Türle liegt bei) für einen Kondensatablauf gesorgt werden. Bei Außentemperaturen größer als 40°C ist die Hochtemperaturlösung einzusetzen.

1 If the outside temperatures are lower than 10°C, the use of a winter control system is recommended; it may be that the condensation occurring can no longer be completely removed using thaw water evaporation. In this case, the condensate must be drained off using an emergency drain unit (nozzle supplied). If the outside temperatures are higher than 40°C, the high-temperature version should be used.

2 Kälteleistung bei einer Lufteintrittstemperatur von 5°C und einer Außentemperatur von +32°C. (genaue Werte siehe Seite. 4)

2 Cooling capacity with air intake temperature of 5°C and outside temperature of +32°C. (see page 4 for exact values)

3 Kälteleistung bei einer Lufteintrittstemperatur von -18°C und einer Außentemperatur von +32°C. (genaue Werte siehe Seite 4)

3 Cooling capacity with air intake temperature of -18°C and outside temperature of +32°C. (see page 4 for exact values)

www.guentner.de

Kühllastberechnungsprogramm:

Cool load calculation programme:

Um eine optimale Berechnung der benötigten GEK's zu erzielen, verwenden Sie unsere Auslegungssoftware Güntner Productcalculator (GPC).

To achieve optimum calculation of the necessary GEKs, please use our Güntner Product Calculator (GPC) design software.

Gerätebeschreibung

Equipment versions



Gerätetyp für Sattleinbau H

Der steckerfertige Einbaukältesatz wird bei der Montage in zwei in der Zellenwand herzustellende Aussparungen eingehängt. Als Montagehilfe für die Anbringung der Aussparungen sowie der Bohrung für den Tauwasserablaufschauch dient die mitgelieferte Montageschablone. Der Einbau ist für Zellen mit einer Isolierstärke von 70 bis 120 mm möglich.

Equipment model for saddle installation H

This plug-in refrigeration unit is suspended in two grooves that have to be made in the cold store wall. The supplied installation template is intended to assist with making the grooves and drilling the hole for the melt water hose. For installation in cold stores with an insulation thickness of 70 to 120 mm.



Gerätetyp für Wandeinbau W

Der steckerfertige Einbaukältesatz für Wandeinbau W wird bei der Montage in eine zuvor ausgeschnittene Öffnung der Zellenwand eingeschoben. Dieser Ausschnitt entspricht in seinen Abmessungen einem Isierelement, das bereits auf die Rückseite des Kälteaggregates montiert ist. Der Einbau ist für Zellen mit einer Isolierstärke von 70 bis 120 mm möglich.

Equipment model for wall installation W

This wall-mounted plug-in refrigeration unit W is installed in an opening that has to be cut into the cold store wall. The size of this opening corresponds with the dimensions of the insulating element that is already attached to the rear of the refrigeration unit. For installation in cold stores with an insulation thickness of 70 to 120 mm.



Gerätetyp Spitausführung SP

Kälteaggregat und Verdampfer können räumlich voneinander getrennt installiert werden. Die Verbindungsleitungen (vorgefüllte Kupferrohre) können in unterschiedlichen Längen und Querschnitten auf Anfrage mitgeliefert werden. Tauwasser muß bauseits abgeführt werden.

Split version equipment model SP

The refrigeration unit and the evaporator can be installed separately. The connecting lines (pre-filled copper pipes) can be supplied in different lengths and cross-sections. Thawed water must be removed by the client.



Gerätetyp für Deckeinbau D

Der steckerfertige Einbaukältesatz wird bei der Montage in eine zuvor ausgeschnittene Öffnung der Zellendecke aufgesetzt. Die Einbautiefe der Luftkühlerteile beträgt bei Normkühlern 100 mm und bei Tiefkühlern 120 mm.

Equipment model for ceiling installation D

This plug-in refrigeration unit is inserted into an opening that has to be made in the cold store ceiling. The size of this opening corresponds with the dimensions of the ventilator that is attached to the unit. The installation depth of the air cooler components is 100 mm for normal coolers and 120 for deep coolers.

Bitte beachten!
Please note!

Eine ausreichende Luftzufuhr ist die Voraussetzung für die einwandfreie Funktion und einen energiesparenden Betrieb des Kälteaggregates.

- Vor der Montage des Gerätes ist die Tragfähigkeit der Kühlzelle zu überprüfen.
- Die zulässige Umgebungstemperatur liegt zwischen +2°C und +45°C.
- Bei Einsatz in Umgebungstemperaturen unter 10°C ist eine Winterregelung (Sonderzubehör) zu empfehlen.
- Bei Außentemperaturen über 35°C sollte die "Hochtemperatur-Ausführung" (Gerät GEK.../1) zum Einsatz kommen, welche für Außentemperaturen bis 45°C geeignet ist.
- Bei niedrigen Temperaturen kann die Verdunstung des Tauwassers beeinträchtigt werden. -Überlauf verwenden-

An adequate supply of air is a prerequisite for perfect, economical refrigeration unit operation.

- The load-bearing capacity of the cold store must be checked before installing the device.
- The permitted ambient temperature is between +2°C and +45°C.
- A winter controller (special accessory) is recommended if the unit is being operated at ambient temperatures below 10°C.
- With outside temperatures over 35°C, the "High-temperature version" (GEK.../1) should be used, which is suitable for temperatures up to 45°C
- With low temperatures, evaporation of the thaw water may be adversely affected.
- Use an overflow -

Technische Daten des Einbaukältesatzes

Technical data for refrigeration unit

H/W/SP Beschreibung Description	Gerätetyp Typ	Kälteleistung Cooling capacity	Leistungs- aufnahme Power consumption	Zelleninhalt Cell volume	Nennstrom Nominal current	Schalldruck- pegel Sound pressure level	Gewicht Weight	Ausführung Design
	H/W/SP	(W) 1)	(W) 1)	bis (m ₃) 2)	(A)	(dBA/1m) 3)	(kg)	
Serie GEKN für Normalkühlung for cold rooms -5°C bis +12°C Kältemittel/ refrigerant: R134a	GEKN 0600	700	535	8	2,9	55	45	I
	GEKN 0900	860	610	11	3,3	57	50	I
	GEKN 1200	1180	885	18	4,8	59	55	I
	GEKN 1500	1440	985	23	5,3	61	56	I
	GEKN 2000	2000	1300	36	7,1	62	77	II
	GEKN 3000	3000	1930	60	10,5	68	82	II
Serie GEKT für Tiefkühlung for freezer rooms -5°C bis -25°C Kältemittel/ refrigerant: R404A	GEKT 0500	560	730	6	4	59	50	I
	GEKT 0700	700	800	8	4,4	61	66	II
	GEKT 1000	1000	1080	15	5,9	65	72	II
	GEKT 1200	1400	1390	26	7,6	65	80	II
	GEKT 1500	1800	1930	36	10,5	66	95	II

D Beschreibung Description	Gerätetyp Typ	Kälteleistung Cooling capacity	Leistungs- aufnahme Power consumption	Zelleninhalt Cell volume	Nennstrom Nominal current	Schalldruck- pegel Sound pressure level	Gewicht Weight	Ausführung Design
	H/W/SP	(W) 1)	(W) 1)	bis (m ₃) 2)	(A)	(dBA/1m) 3)	(kg)	
Serie GEKN für Normalkühlung for cold rooms -5°C bis +12°C Kältemittel/ refrigerant: R134a	GEKN 0600	630	540	7	2,9	53	51	V
	GEKN 0900	820	600	10	3,3	55	60	V
	GEKN 1200	1140	830	16	4,5	57	65	V
	GEKN 1500	1420	930	22	5,1	59	66	V
	GEKN 2000	2180	1560	39	8	60	107	VII
	GEKN 3000	2780	2000	55	10,3	66	118	VII
Serie GEKT für Tiefkühlung for freezer rooms -5°C bis -25°C Kältemittel/ refrigerant: R404A	GEKT 0500	480	650	4	3,5	57	57	V
	GEKT 0700	640	730	7	4	59	64	V
	GEKT 1000	950	1040	13	5,3	63	98	VII
	GEKT 1200	1150	1300	18	6,6	63	99	VII
	GEKT 1500	1620	2020	32	10,4	64	117	VII

1 Leistungsangaben bei Umgebungstemperatur von +32°C und Luft Eintrittstemperatur am Kühler von +5°C bzw. -18°C.
Die Geräteleistungen wurden nach DIN 8942 gemessen.

2 Für die Berechnung der Zellengröße wurden folgende Randbedingungen zugrunde gelegt:

Bei Normalkühlung:

Umgebungstemperatur Zelle: 32°C
Isolierstärke: 70 mm (k = 0,27 W/m_K)
Laufzeit Verdichter: 16 h
Beschildung: 30 kg/m_d
Warenabkühlung: 15 K

Bei Tiefkühlung:

Umgebungstemperatur Zelle: 32°C
Isolierstärke: 100 mm (k = 0,19 W/m_K)
Laufzeit Verdichter: 18 h
Beschildung: 30 kg/m_d
Warenabkühlung: 4 K

3 Die Schallangaben erfolgen nach DIN 45635. Da Kühlräume nur ein sehr geringes Absorptionsverhalten aufweisen empfehlen wir nur mit einer geringen Abnahme des Schalldruckpegels bei anderen Entfernungen zu rechnen.

1 Performance data at ambient temperatures of +32°C and cooler air intake temperature of +5°C to -18°C.
The equipment capacities were measured in accordance with DIN 8942.

2 The cold store size calculation was made on the basis of the following marginal conditions:

For cold rooms:

Ambient temperature of cold store: 32°C
Insulation thickness: 70 mm (k = 0,27 W/m_K)
Compressor run time: 16 h
Charge: 30 kg/m_d
Goods cooling: 15 K

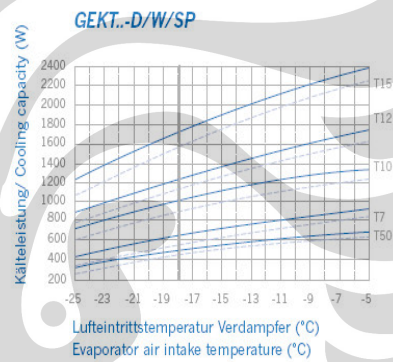
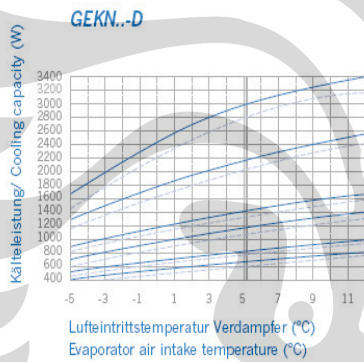
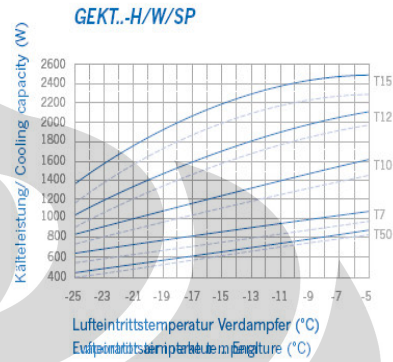
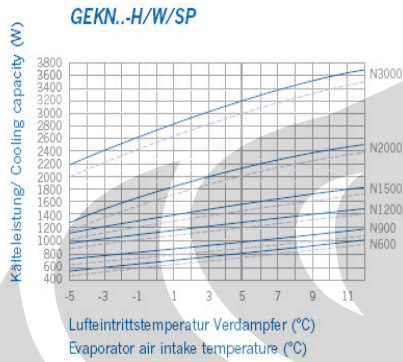
For freezer rooms:

Ambient temperature of cold store: 32°C
Insulation thickness: 100 mm (k = 0,19 W/m_K)
Compressor run time: 18 h
Charge: 30 kg/m_d
Goods cooling: 4 K

3 The sound information is provided as specified in DIN 45635. Because cold rooms only have a very low absorption behaviour, we recommend that calculations are based on only a low reduction in sound levels at other distances.

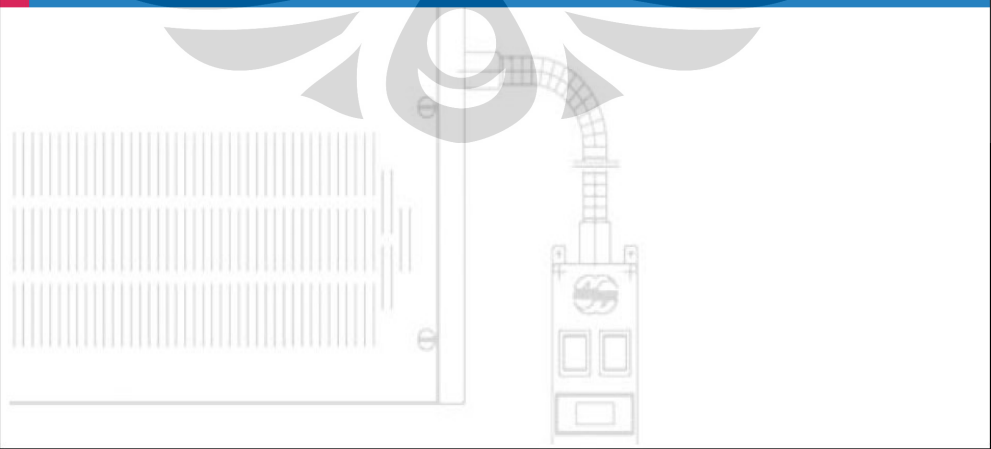
Leistungsdiagramme

Performance diagrams



07/2002_GEK Seite 6

Telefon +49 (0)81 41-2 42-0



Abmessungen

Dimensions

Ausführung I

Normalkühlung: GEKN 600 / GEKN 900
GEKN 1200 / GEKN 1500

Tiefkühlung: GEKT 500

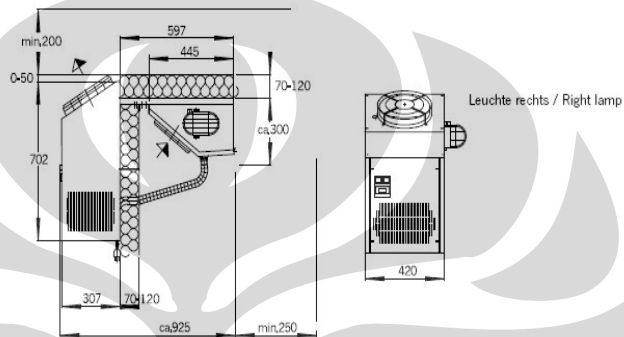
Version I

Cold rooms: GEKN 600 / GEKN 900
GEKN 1200 / GEKN 1500

Freezer rooms: GEKT 500

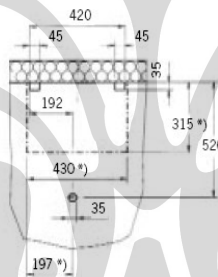
Sattleinbau - H Wandeinbau W

Saddle installation - H Wall installation W



Schnitt A - A Aussparung Zellwand

Section A - A Cold store wall recess

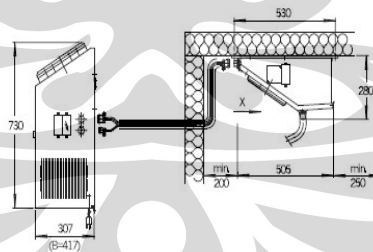


*) Wandeinbau-Element für GEK.-W /
Aussparung Zellwand 430 x 315

*) Wall installation element for GEK.-W/
cold store wall recess 430 x 315

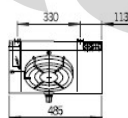
Splitsystem - SP

Split system SP



Ansicht X

View X



Zubehör / Accessory

Cu- verbindungsleitungen
(vorgefüllt; Standardlänge 5 m,
L_{max}=10m)
Gegenkupplungen
Elektrische Verbindungskabel

Cu connecting lines (pre-filled;
standard length 5 m, L_{max}=10m)
Mating connectors
Electrical connecting cable

Verbindungsleitungen und elektrische Verbindungskabel fest verlegen!
Lay fixed connecting lines and electrical connecting cables!

Abmessungen

Dimensions

Ausführung II

Normalkühlung: GEKN 2000
GEKN 3000

Tiefkühlung: GEKT 700 / T1000
T1200 / T1500

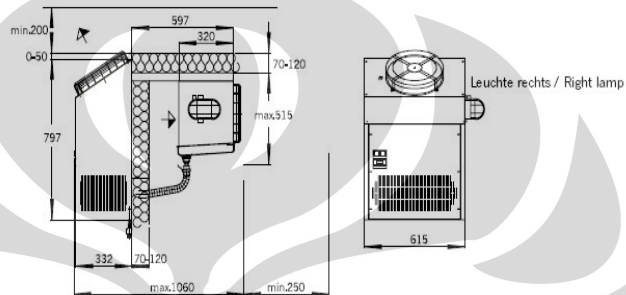
Version II

Cold rooms: GEKN 2000
GEKN 3000

Freezer rooms: GEKT 700 / T1000
T1200 / T1500

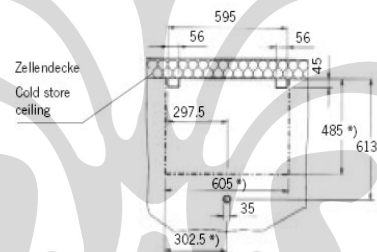
Sattleinbau - H Wandebau W

Saddle installation - H Wall installation W



Schnitt A - A Aussparung Zellwand

Section A - A Cold store wall recess

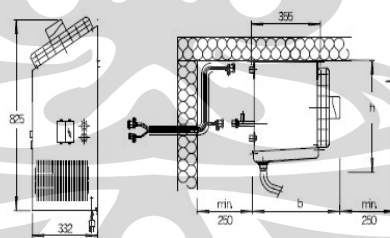


*) Wandebau-Element für
GEK.-W / Aussparung
Zellwand 605 x 485

*) Wall installation element for
GEK.-W / cold store wall
recess 605 x 485

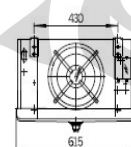
Splitsystem - SP

Split system SP



Ansicht X

View X



Zubehör / Accessory

Cu- verbindungsleitungen
(vorgefüllt; Standardlänge 5 m,
L_{max}=10m)
Gegenkupplungen
Elektrische Verbindungskabel

Cu connecting lines (pre-filled:
standard length 5 m, L_{max}=10m)
Mating connectors
Electrical connecting cable

Verbindungsleitungen und elektrische Verbindungskabel fest verlegen!
Lay fixed connecting lines and electrical connecting cables!

Abmessungen

Dimensions

Ausführung V

Normalkühlung: GEKN 600 / GEKN 900
GEKN 1200 / GEKN 1500

Tiefkühlung: GEKT 500 / T700

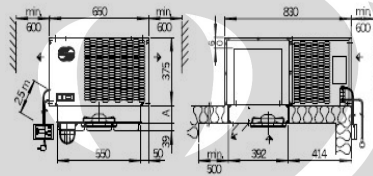
Version V

Cold rooms: GEKN 600 / GEKN 900
GEKN 1200 / GEKN 1500

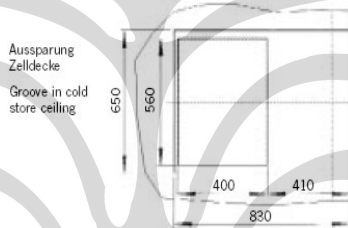
Freezer rooms: GEKT 500 / T700

Deckeneinbau - D

Cold store ceiling
recess - D



Aussparung
Zelldecke
Groove in cold
store ceiling



Ausführung VII

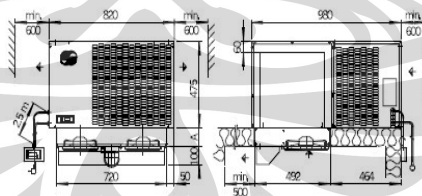
Normalkühlung: GEKN 2000 / GEKN 3000

Tiefkühlung: T1000 / T1200 / T1500

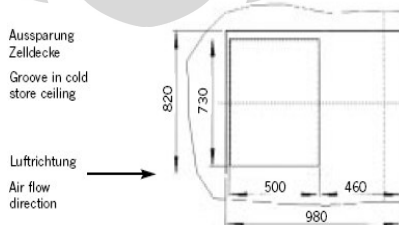
Version VII

Cold rooms: GEKN 2000 / 3000

Freezer rooms: T1000 / T2000 / T1500



Aussparung
Zelldecke
Groove in cold
store ceiling



Lufrichtung
Air flow
direction

A = 101
GEKN 600/GEKN 900
GEKN 1200/GEKN 1500
GEKN 2000/GEKN 3000

A = 121
GEKT 500
GEKT 700/GEKT 1000
GEKT 1200
GEKT 1500

LAMPIRAN 8. DUCSOX ENGINEERING AND DESIGN MANUAL

ENGINEERING & DESIGN MANUAL

This manual includes all design and general product information required to design a complete DuctSox fabric duct ventilation system.

Series/Shape

Cylindrical
Surface Mount

Model

Comfort-Flow™
High-Throw™
Low-Throw™

Fabrics

Coronado™
Sedona-Xm™
Verona™
TufTex™
DuraTex™
EkoTex™
Stat-X™
Microbe-X®

Suspension

Tension Cable
Suspended H-Track
Flush Mount Track

DUCTSOX[®]
Fabric Air Dispersion Products

DSD07F0307H

© DuctSox Corporation 2007

TABLE OF CONTENTS

DuctSox® Design Steps	i
DuctSox Series / Shape	1 . 1
Design Layout	
Layout	2 . 1
Diameter Selection	2.2
Zippers / Fittings	2 . 3
DuctSox® Recommendation Table	3 . 1
Fabric Selection	3.2
Airflow Design	
Pressure Model	4 . 1
AFD	4 . 1
Fabric Airflow, Airflow Series (CF, HT, LT)	4.2
Throw - Directional Airflow	4 . 2
High-Throw: Orifice Size and Throw	4.3
Comfort Flow: Vent Size and Throw	4.4
L-Vent & S-Vent Sizing	4 . 4
Mesh Vent Sizing	4 . 4
Suspension Options	5 . 1
Appendix	
DuctSox Final Filter	a . 1
Sample CAD Details	a . 2
Sample Comfort Flow Design	a . 3
Sample High Throw Design	a . 4
Equipment Specifications / AHU Controls	a . 5
Sound Data	a . 6
DuctSox® Warranty Information	a.7

INTRODUCTION / DESIGN STEPS

This design manual should assist through the design process for all DuctSox® Fabric Duct Ventilation Systems. The process involves considerations that include layout, sizing, air dispersion, appearance, durability and installation.

The five steps of DuctSox system design:

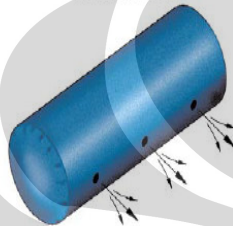
- 1 **Series / Shape** select shape for the application - Cylindrical or Surface Mount.
- 2 **Design Layout** determine duct layout and sizing - selecting DuctSox location, diameter, lengths and required fittings.
- 3 **Fabric** select fabric based on product quality, porosity, colors and/or required air dispersion type.
- 4 **Air Dispersion** determine type, location and size of vents for Comfort Flow, orifices for High Throw or calculate required porosity for Low-Throw Series using to supplied airflow and static pressure.
- 5 **Suspension** select Tension Cable, Suspended H-Track, Flush Mount Track or 3 X 1 for suspension.

DUCTSOX SERIES

1

Selecting the Series - or shape of the DuctSox system is based on the details of the application. Cylindrical systems are common for open ceiling spaces. Surface Mount Series require a flat surface to connect to (ceiling or wall) for proper installation.

Cylindrical Series



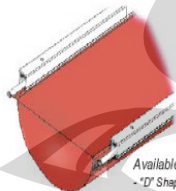
CYLINDRICAL SERIES

Commonly mounted horizontally using a tension cable or suspended aluminum track suspension system - this tubular shape is our most popular.

The Cylindrical Series is available with all fabric choices, all airflow models and standard diameters ranging from 6"-72". Inlet diameter is based on inlet velocity requirements based on system design and acoustic requirements. Different than conventional metal, constant diameters are preferred to minimize frictional loss (fewer fittings required) and ease of installation.

This option also includes a wide variety of elbows, take-offs, transitions in standard - plus custom fitting configurations. This series can also be installed vertically for a section - or the entire length with proper precaution for suspension attachment for support as the system deflates.

Surface Mount



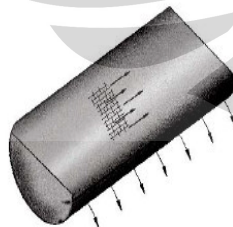
Available in:
- "D" Shape
- Quarter Round

SURFACE MOUNT SERIES

Available in a "D-Shape" or a "Quarter-Round", Surface Mount Series are commonly installed against a wall or ceiling. Airflow enters the system either through the end or through the flat panel against the ceiling or wall.

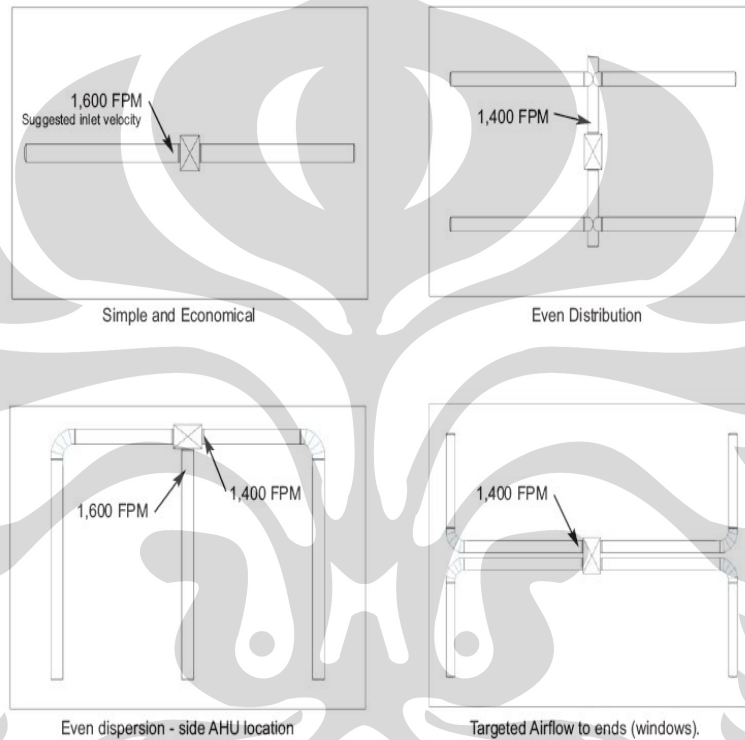
In design, special sizing considerations include diameter selection of the system as well as the type, size, location and quantity of inlets. The Surface Mount Series offers similar flexible design features as our Standard Series including air dispersion methods, zippered fittings and connections - however is not available in our PolyTex fabric option.

Standard diameters range from 14"-34" and air inlets can be configured from the ceiling, wall or ends. Multiple inlets may allow for smaller overall size.



2 DESIGN LAYOUT

Simply stated, a DuctSox® system performs as both a duct and a diffuser. The system layout should target the general air dispersion required - whether even dispersion or directed delivery. With the unlimited custom design capabilities - there could be several solutions to any given application. With that in mind - simple straight runs reduce equipment and installation time.



NOTES:

Because air outlets can be integrated into all sections, system design may vary significantly while still providing excellent air dispersion. Size and orientation of air outlets may allow for a simple and less costly layout than conventional design.

There is little need to reduce diameter to reduce cost or increase flow rates along straight lengths as the system works off the basic extended plenum principle. When restriction in the DuctSox System is needed for proper air distribution, an AFD (Adjustable Flow Device) should be included (std. on designer & premium fabric options).

Systems that include custom fittings require a approval drawing signed by contractor prior to production.

DESIGN LAYOUT - DIAMETER SELECTION

2

CYLINDRICAL SERIES

Diameter based on airflow and inlet conditions. Lower inlet velocities (1,000-1,200 FPM) reduce stress, noise and yield a better balanced system.

1,600 FPM Maximum: Straight Run
1,400 FPM Maximum: Inlet with Fittings

If the required diameter is too large for the space - consider breaking the system down into multiple runs.

Airflow (CFM)

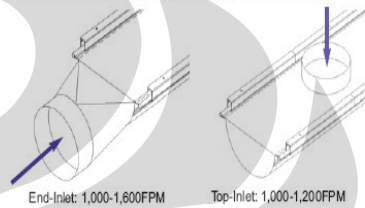
Diameter (in)	Inlet Velocity (fpm)			
	1,000	1,200	1,400	1,600
8	349	419	489	559
10	545	654	764	873
12	785	942	1,100	1,257
14	1,069	1,283	1,497	1,710
16	1,396	1,676	1,955	2,234
18	1,767	2,121	2,474	2,827
20	2,182	2,618	3,054	3,491
22	2,640	3,168	3,696	4,224
24	3,142	3,770	4,398	5,027
26	3,687	4,424	5,162	5,899
28	4,276	5,131	5,986	6,842
30	4,909	5,890	6,872	7,854
32	5,585	6,702	7,819	8,936
34	6,305	7,566	8,827	10,088
36	7,069	8,482	9,896	11,310
38	7,876	9,451	11,026	12,601
40	8,727	10,472	12,217	13,963
42	9,621	11,545	13,470	15,394
44	10,559	12,671	14,783	16,895
46	11,541	13,849	16,157	18,466
48	12,566	15,080	17,593	20,106
50	13,635	16,362	19,090	21,817
52	14,748	17,698	20,647	23,597
54	15,904	19,085	22,266	25,447
56	17,104	20,525	23,946	27,367
58	18,348	22,017	25,687	29,356
60	19,635	23,562	27,489	31,416
62	20,966	25,159	29,352	33,545
64	22,340	26,808	31,276	35,744
66	23,758	28,510	33,262	38,013
68	25,220	30,264	35,308	40,352
70	26,725	32,070	37,415	42,761
72	28,274	33,929	39,584	45,239

Inlet velocities greater than 1,600 FPM is not covered by warranty program.

"D-SHAPE" SERIES

Choosing the D-Shape diameters are slightly different that standard DuctSox®.

- 1 - Select Inlet Configuration: End or Top
- 2 - Determine the airflow through each inlet. For multiple Top inlets, calculate airflow per inlet.
- 3 - Select inlet Diameter.
- 4 - Select D-Shape Diameter (per inlet diameter & type)



Airflow (CFM)

Inlet Diameter (in)	Inlet Velocity (fpm)			
	1,000	1,200	1,400	1,600
6	196	236	275	314
8	349	419	489	559
10	545	654	764	873
12	785	942	1,100	1,257
14	1,069	1,283	1,497	1,710
16	1,396	1,676	1,955	2,234
18	1,767	2,121	2,474	2,827
20	2,182	2,618	3,054	3,491
22	2,640	3,168	3,696	4,224
24	3,142	3,770	4,398	5,027

Air volume per inlet diameter with set inlet velocity (CFM)

Top Inlet: Select minimum D-Shape Dia. from table below per selected inlet diameter.

End Inlet: Select maximum D-Shape Dia. from table below per selected inlet diameter.

D-Shape Dia.	End Inlet Min. Dia.	Top Inlet Max. Dia.
14	10	10
18	13	14
22	16	18
26	18	22
30	21	26
34	24	30

To ensure optimum design, contact factory for design support on all Surface Mount Series Systems.

2 DESIGN LAYOUT - FITTINGS & ZIPPERS

To allow for variability in system layout, we offer many common fittings in fabric with simple zipper connections.

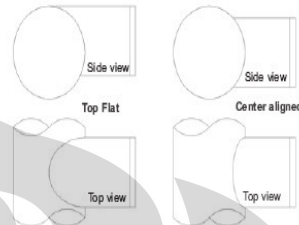
ZIPPERS

Straight lengths and/or fittings are connected together using a radial zipper. The zipper is affixed with the start/stop located at the bottom center - and each includes a 2" fabric overlap to conceal the zipper.

The following table indicates maximum sectional length of a straight run. Longer sections are broken into equal lengths: 60 ft of 36" Dia would be constructed of two 30 foot long sections.

Cylindrical		D-Shape	
Diameter	Max Length	Dia.	Max.
6"	15'	14"	25'
8"-10"	20'	18"	25'
12"-16"	25'	22"	30'
18"-20"	30'	26"	35'
22"-26"	35'	30"	35'
28"-40"	40'	34"	40'
42"-44"	35'		
46"-50"	30'		
52"-56"	25'		
58"-60"	20'		
62"+	15'		

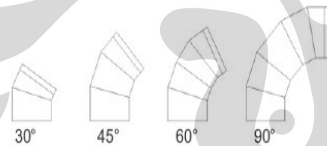
Economy (PolyTex) max sectional length: 50 ft (all dia)



TAKE-OFF (T's)

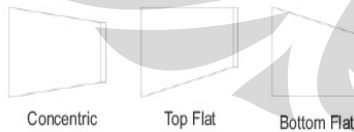
When designing complicated systems, efficiency take-off fittings direct air to areas perpendicular to the main run. Shown above in Top Flat and Concentric options (Bottom Flat available). The branch duct will require a zipper for attachment.

For better airflow management, branch ducts should be positioned at least 1.5 times the outlet diameter from endcaps.



RADIUS ELBOWS

The standard centerline radius of an elbow is 1.5 x dia. Number of gores and sizes depend on angle of turn. Custom elbows are available upon request. Zippers can also be rotated for offsets / elevation changes on more complicated systems.



TRANSITIONS

Simple reducing transitions are available in Concentric, Top Flat or Bottom Flat configurations. Each transition fitting includes two zippers and vary in length from 24"-48" (based on diameter change).

SURFACE MOUNT FITTINGS

Common and custom fittings are available for Surface Mount Series.



Elbow















Take-Off



Round End Inlet

DESIGN RECOMMENDATIONS

	Design Steps 3	4	5
Application	Fabric Options	Model/Airflow	Suspension & Attachment Options
Food Processing	Microbe-X Sedona-Xm or Verona	LT or CF CF	 Stainless Steel Components
Industrial, Manufacturing, Warehousing & Distribution	Verona Sedona-Xm, TufTex or DuraTex EkoTex (36" dia. max)	CF CF or HT HT	
Pools	Coronado Sedona-Xm or Verona	CF	 Stainless Steel Components
Gymnasium	Coronado, Verona TufTex or DuraTex Sedona-Xm	CF CF or HT	
Office	Coronado Sedona-Xm or Verona TufTex or DuraTex	CF CF or HT	
Retail Grocery Store	Sedona-Xm or Verona TufTex or DuraTex	CF CF or HT	
Restaurant, Bar, Cafeteria	Coronado Sedona-Xm or Verona TufTex or DuraTex	CF CF or HT	
Library, School Classroom	Sedona-Xm or Verona TufTex or DuraTex	CF CF or HT	
Telecom	Stat-X	CF	
Auditorium, Sport Arena, Convention Center, Church	Verona TufTex or DuraTex Sedona-Xm	CF CF or HT	
Temporary Structure, Animal Housing, Tent	Verona DuraTex EkoTex (36" dia. max)	CF CF or HT HT	
Clean Room, Test Lab	Stat-X or Verona Sedona-Xm Microbe-X	CF CF or LT* CF or LT	

Fabric, Model and Suspension recommendations are based on DuctSox experience and may vary based on economy, aesthetics or any other conditions per project. (*Sedona-Xm available in custom porosities with surcharge)

* **Model / Airflow:**
 CF = Comfort-Flow Model / L-Vent, S-Vent, or Mesh Vents
 HT = High-Throw Model / Engineered Orifices or SG (diffusers) (in Sedona-Xm only)
 LT = Low-Throw Model / Porous Fabric

3 DESIGN - FABRIC SELECTION

STEP 1 - SELECT FABRIC FUNCTION - POROSITY

Air Porous Fabric	Non-Porous Fabric
Air passes through the fabric weave, fabric porosity varies per fabric choice. This option is most commonly an alternate to exposed double wall duct.	No air passes through the fabric weave. This option is most commonly an alternate to exposed single wall duct / diffusers.
Benefits No Condensation Reduced Dust on Top No Heat Gain/Loss LT & CF Airflow HT in Sedona-Xm, Coronado	Benefits HT & CF Airflow No LT Airflow Dust On Top
Limitations Long lengths may disperse too much airflow through fabric No HT Airflow for Verona	Limitations Limited Color Options

Note: Dirt from poorly filtered supply air may migrate through weave of air porous fabrics - eventually discoloring light color fabrics. Filtration efficiency of 50% or greater plus a regular maintenance plan will reduce effects.

STEP 2 - SELECT FABRIC

Coronado Fabric is similar to Premium Sedona-Xm listed below.

PREMIUM

Combination of quality fabrics with durable and aesthetic construction.

- Inlet Cover Sleeve
- Zippered Inlet Connection
- Interior Seams / Construction
- Zippered Endcap
- 10 Year Warranty
- Standard AFD's
- Launder-able

COMMERCIAL

Durable construction and fabrics with quality features:

- Zippered Inlet Connection
- Interior Seams - Verona
- Exterior Seams - DuraTex
- 5 Year Warranty
- Launder-able

ECONOMY

Economy Class offers solutions for budget conscious projects.

- Simple Inlet Connection
- Exterior Seams
- 1 Year Warranty

SPECIALTY

Unique fabrics developed for performance in specific applications.

- Zippered Inlet Connection
- Interior Seams
- 5 Year Warranty - Stat-X
- 1 Year Warranty - Microbe-X
- Launder-able

Coronado

6.75 oz/yd² Antimicrobial Treated Woven Polyester
UL Classified (NFPA 90-A & ICC-AC167)



(Camo, Cork, Harvest, Galvanized)

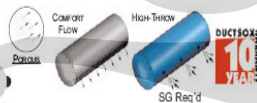


Sedona-Xm

6.75 oz/yd² Antimicrobial Treated Woven Polyester
UL Classified (NFPA 90-A & ICC-AC167)



(Black, Gray, White, Beige, Green, Blue, Red, Custom Colors)

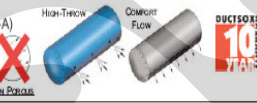


TuftTex

8.2 oz/yd² Coated Polyester, UL Classified (NFPA 90-A)



(Black, Silver, White, Green, Blue, Red, Taupe)

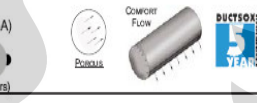


Verona

5.3 oz/yd² Woven Polyester, UL Classified (NFPA 90-A)



(Black, Silver, White, Taupe, Green, Blue, Red, Custom Colors)

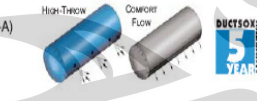


DuraTex

5.5 oz/yd² Coated Polyester, UL Classified (NFPA 90-A)



(Black, Taupe, White, Blue, Silver)



EkoTex

5.4 oz/yd² Woven Polyester Coated, UL Classified (NFPA 90-A)



(Silver)

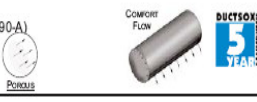


Stat-X

2.9 oz/yd² Anti-Static Polyester, UL Classified (NFPA 90-A)



(Light Blue, White)

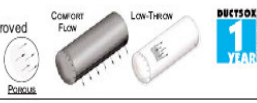


Microbe-X

3.2 oz/yd² Antimicrobial Woven Polyester, USDA Approved



(White)



AIRFLOW: PRESSURE AND AFD

4

PRESSURE REVIEW

Air is dispersed through a DuctSox system as a result of a positive pressure. Assuming a closed system, design selections are based on Average Pressure (AP), calculated using:

$$AP = ISP_1 + 0.66x(VP-FL) \quad (\text{inch H}_2\text{O})$$

ISP₁ = Inlet Static Pressure
 VP = Velocity Pressure = (Velocity/4005)²
 FL = Frictional Pressure Loss

Inlet Static Pressure (ISP) indicates static pressure supplied at the inlet location.

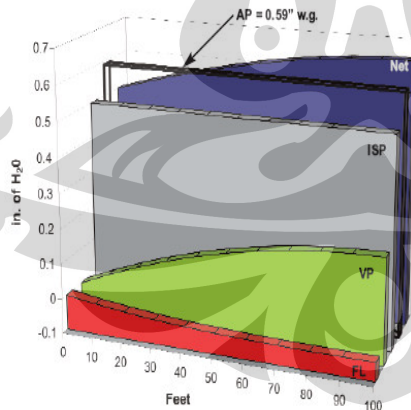
Standard 1/2" w.g.
 Range 1/8" - 3" w.g.

Velocity Pressure (VP) is regained within the closed system as static pressure. To ensure proper inflation, ISP must be 30% higher than the VP.

Frictional Loss (FL) is low due to designs with constant diameter and even dispersion (reducing airstream velocity).

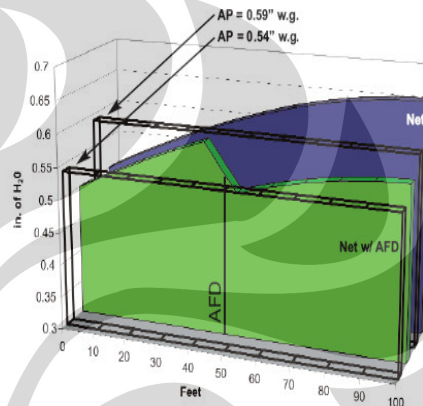
PRESSURE MODEL

A comprehensive pressure model reveals net pressures within a single DuctSox length. Average pressure, as shown, is the best model to calculate outlets.



ADJUSTABLE FLOW DEVICE

Airflow control is a critical in HVAC air dispersion. The zip-in Adjustable Flow Device (AFD) offers variable resistance to balance static regain, balance airflow to branches, reduce turbulence and reduce abrupt start ups. Standard for all Sedona-Xm and TufTex systems.



AFD LOCATIONS

INLET

- Balance multiple runs
- Reduce/eliminate airflow turbulence



MIDDLE

- Balance static regain



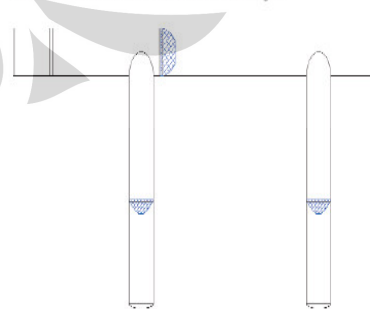
NO-POP

- Reduce inflation pop



PLENUM AND BRANCHES

- Direct airflow into branches and balance static regain



4 AIRFLOW: FABRIC AIRFLOW, TYPE AND DIRECTION

FABRIC AIRFLOW

If the design includes a porous fabric - this airflow can be calculated using the following equations:

$$Q_{fabric} = FP \times SA \times (AP/0.5) \quad (CFM)$$

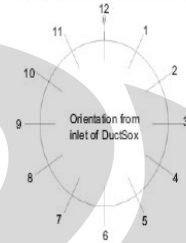
FP = Fabric Porosity (rated) (CFM/ft²)
 SA = Surface Area (all fabric) (ft²)
 AP = Average Pressure (inch/w.g.)

Fabric	Porosity (FP)	(CFM/ft ² @ 5" w.g.)
Coronado	1.5	
Sedona-Xm	1.5	
Verona	1.5	
Stat-X	2	
Microbe-X	6, 13, 20 & 29	
TufTex	0	
DuraTex	0	
PolyTex	0	

Porous fabrics are used for Comfort Flow and Low-Throw Series only.

THROW - DIRECTIONAL AIRFLOW

Because each DuctSox® system is 100% custom made, there is unlimited flexibility in designing the locations of the vents or orifices. Some of the considerations when designing outlet orientation are:



11&1, 10&2 AND 3&9 O'CLOCK

Primarily chosen for cooling or ventilating, these locations either direct the exiting air upward and / or outward from the DuctSox®. Throw requirements focus on reaching the exterior walls or filling the gaps between parallel runs.

4&8, 5&7 AND 6 O'CLOCK

Primarily chosen for applications with heating but can also be used for cooling or ventilating, these locations direct the exiting air downward and / or outward from the DuctSox®. Throw requirements can be critical in these locations because the air is delivered towards the occupied space in most cases. To calculate the throw, use the distance between the bottom of the DuctSox® system and the distance above the floor using the following equations:

$$4\&8 \text{ o'clock : } (\text{Height} - 6) \times 2.00 = \text{Throw required}$$

$$5\&7 \text{ o'clock : } (\text{Height} - 6) \times 1.16 = \text{Throw required}$$

$$6 \text{ o'clock : } (\text{Height} - 6) \times 1.00 = \text{Throw required}$$

AIRFLOW MODELS

Low-Throw



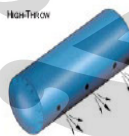
Low Throw Series (LT)

Calculate required fabric porosity (FP) to evenly disperse airflow.

$$FP = \left(\frac{Q_{total}}{SA \times (AP/0.5)} \right) \quad (CFM/ft^2)$$

Available for design with Microbe-X fabric only.

High-Throw



High Throw Series (HT)

1. Determine required throw
2. Select orifice size & orientation
3. Calculate quantity of orifices

HT available on Sedona-Xm, TufTex, DuraTex & PolyTex fabrics only.

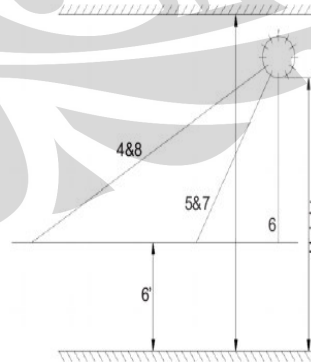
Comfort Flow



Comfort Flow Series (CF)

1. Calculate airflow through fabric
2. Calculate Vent Size
3. Identify Vent Orientation

CF available on Sedona-Xm, TufTex, Verona, DuraTex, Stat-X & Microbe-X fabrics.



Note: Custom outlet orientations and patterns are available upon request

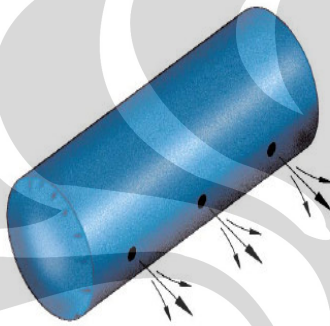
HIGH-THROW: ORIFICE SIZING AND DETAILS

4

HIGH THROW DESIGN

Select orifice size and orientation based on throw that best fits the environment. Lower pressures result in improved efficiency, lower noise and extended service life.

Please note: SG Diffusers for Sedona-Xm & Coronado are only available in 2" (SG2) and 3" (SG3) diameters.



To calculate the total number of orifices - simply divide airflow volume by the Airflow per orifice (listed CFM).

Throw Distance (ft)

ORIFICE Size	AP (in w.g.)	Airflow (CFM/ea)	Distance (ft) to Velocity (FPM)		
			150	100	50
1/2"	0.25	1.64	3	4	8
	0.5	2.32	4	6	11
	0.75	2.84	5	7	14
	1.00	3.28	5	8	16
	1.25	3.67	6	9	18
1"	0.25	6.56	5	8	16
	0.50	9.28	8	11	23
	0.75	11.37	9	14	28
	1.00	13.12	11	16	32
	1.25	14.67	12	18	36
2" SG2	0.25	26.25	11	16	32
	0.50	37.12	15	23	45
	0.75	45.46	19	28	56
	1.00	52.49	21	32	64
	1.25	58.69	24	36	72
2.5"	0.25	41.01	13	20	40
	0.50	58.00	19	28	57
	0.75	71.03	23	35	69
	1.00	82.02	27	40	80
	1.25	91.70	30	45	90
3" SG3	0.25	59.06	16	24	48
	0.50	83.52	23	34	68
	0.75	102.29	28	42	83
	1.00	118.11	32	48	96
	1.25	132.06	36	54	108
4"	0.25	104.99	21	32	64
	0.50	148.48	30	45	91
	0.75	181.86	37	56	111
	1.00	209.98	43	64	128
	1.25	234.76	48	72	144
5"	0.25	164.05	27	40	80
	0.50	232.00	38	57	113
	0.75	284.14	46	69	139
	1.00	328.09	53	80	160
	1.25	366.82	60	90	179

55+ - Indicates Theoretical Throw Value

ORIFICE SPACING

Unless otherwise specified with an order, the orifice spacing is determined by evenly spacing the orifices along the length of the DuctSox system. All systems shall include a standard 4 foot void (no orifices) near the inlet or after any fitting within a system to reduce the potential for wear.

If there are too many orifices to fit within the length, then an alternating orifice pattern may have to be chosen. An example includes a 30 foot long High-Throw system that requires 120 four inch diameter orifices @ 4&8 o'clock. By standard design, there would be 5.2 inches between orifice centers, or 1.2 inch of fabric between 4 inch orifices, which would cause a serious concern for wear. In this situation, we would suggest two rows of orifices at 4&8 and 5&7 o'clock. This would increase the orifice spacing to 10.4 inches, yielding at least 6 inches of fabric between the orifices. Each application is subject to review to ensure product quality.

If custom orifice spacing is required for your application, the information should be provided at the time of quotation in order to complete the preliminary design.

4 COMFORT FLOW DESIGN

COMFORT FLOW (CF)

For Sedona-Xm, Coronado, TuffTex, Verona, DuraTex, Stat-X & Microbe-X fabrics.

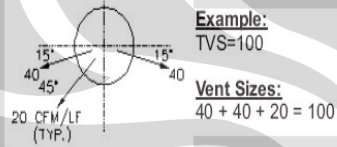


1. Calculate Airflow through Fabric
2. Calculate Total Vent Size (TVS)
3. Select Vent Sizes (VS+VS=TVS)
4. Specify Vent Orientation

$$Q_{\text{fabric}} = FP \times SA \times (AP/0.5)$$

$$TVS = \left(\frac{Q_{\text{vent}}}{(\text{Length}) \times \sqrt{(AP/0.5)}} \right)$$

$$TVS = (VS_1 + VS_2 + \dots)$$



MESH VENTS

Original vent style common with many other providers. Airflow determined by vent width and Average Pressure (AP). Suggested only for food processing projects.



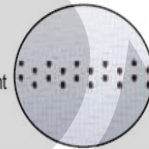
M-VENT Size	AP (in w.g.)	Airflow (CFM/ft)	Distance (ft) to Velocity (FPM)		
			150	100	50
1/8" (VS 11)	0.25	7.80	3	11	19
	0.38	9.60	7	13	20
	0.50	11.00	9	15	22
1/4" (VS 22.1)	0.63	12.40	10	16	24
	0.25	15.60	10	15	24
	0.38	19.10	12	18	29
3/8" (VS 33.1)	0.50	22.10	14	20	30
	0.63	24.70	16	22	31
	0.25	23.40	12	19	28
1/2" (VS 44.2)	0.38	28.70	16	23	30
	0.50	33.10	18	24	32
	0.63	37.10	20	25	33
3/4" (VS 66.3)	0.25	31.20	15	21	31
	0.38	38.20	18	25	33
	0.50	44.20	20	26	34
	0.63	49.50	22	27	35
	0.25	46.80	16	23	35
	0.38	57.40	21	27	36
	0.50	66.30	22	28	37
	0.63	74.20	23	29	38

L-VENTS & S-VENTS

L-Vents (Standard) are developed for a quiet and even more low maintenance vent option. The hole patterns grow larger as vent size increases.



S-Vents are an array of constant diameter (3/16") orifices for all vent sizes.



VENT Size	AP (in w.g.)	Airflow (CFM/ft)	Distance (ft) to Velocity (FPM)		
			150	100	50
5	0.25	3.5	4	5	9
	0.50	5.0	5	8	12
	0.75	6.1	6	9	15
	1.00	7.1	7	11	17
10	0.25	7.1	6	9	15
	0.50	10.0	9	13	21
	0.75	12.2	11	16	26
	1.00	14.1	12	19	30
15	0.25	10.6	8	12	18
	0.50	15.0	11	16	26
	0.75	18.4	13	20	32
	1.00	21.2	15	23	37
20	0.25	14.1	9	14	22
	0.50	20.0	13	20	31
	0.75	24.5	16	24	38
	1.00	28.3	18	28	44
30	0.25	21.2	12	18	29
	0.50	30.0	17	26	41
	0.75	36.7	21	31	50
	1.00	42.4	24	36	58
40	0.25	28.3	15	22	36
	0.50	40.0	21	31	50
	0.75	49.0	26	39	62
	1.00	56.6	30	45	71
50	0.25	35.4	18	26	42
	0.50	50.0	24	33	60
	0.75	61.2	30	46	73
	1.00	70.7	35	53	84
60	0.25	42.4	19	28	45
	0.50	60.0	26	39	63
	0.75	73.55	32	48	77
	1.00	84.9	37	56	89

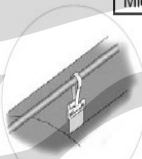
Note: All are isothermal throws as a free-air jet. Actual throw velocities will vary in each environment. To ensure comfort, specify vent orientation as needed per vent and section.

SUSPENSION

5

The final step of design is selecting the suspension method. The following table details suspension availability based on fabric selection.

Fabric	Cable with Snap Clip	Suspended H-Track & Flush Mount with Snap Tab	Suspended H-Track & Flush Mount with Cord-In	3X1 with Cable
Coronado	0	0	0	0
Sedona-Xm	0	0	0	0
TufTex	0	0	0	0
Verona	0	0	0	0
DuraTex	0	0	0	0
EkoTex	0	0	0	0
Stat-X	0	0	0	0
Microbe-X	0	0	0	0



Cable with Snap Clip

TENSION CABLE

Simple tension cable is available for all fabric options and is the most economical option. Available for all sizes - Cable suspension is available for one and two row suspension options (**2 row required at 32" diameter and larger**). Snap Clips are spaced every 24 inches along the length to ensure proper support.

The system consists of a cable, tumbuckle(s) and securing hardware for a simple installation. Cable components available in galvanized, 316 Stainless Steel and plastic coated S/S cable.



Aluminum H-Track with Snap Tab or Cord-In

SUSPENDED H-TRACK

Anodized aluminum track includes an open top and bottom to allow easy location of vertical supports and clear connection to the DuctSox below. H-Track is available for most fabric options. Available for all sizes, H-Track suspension is available for one and two row suspension options (**2 row required at 32" diameter and larger**) and may include radius sections for elbows. Snap Tabs are spaced every 24 inches along the length to ensure proper support. Cord-In attachment option allows for continuous support for smaller diameter sections.

The system consists of 10 foot sections of H-Track, couplers, end caps, locking cable drop supports and Gripple cable lock devices for easy installation. Supporting hardware components are available in galvanized or 316 Stainless Steel.



Aluminum Flush Mount with Snap Tab or Cord-In

FLUSH MOUNT TRACK

Anodized aluminum track is available for select fabric options and is designed to be affixed to a flat surface using anchors or T-Bar snap clips. Flush Mount Track is available for one row suspension option - and all Surface Mount Models. Snap Tabs are spaced every 24 inches along the length to ensure proper support. Cord-In attachment option allows for continuous support for smaller diameter sections.

The system consists of 12 foot sections of Flush Mount Track, couplers, end caps and - if required - T-Bar connection clips for an installation to common T-Bar ceiling.



3 X 1 Suspension with hangers on a single tension cable

3 X 1 SUSPENSION

System only requires a single tension cable and a series of 3 X 1 Hangers

D-Clasps connect product at 10 & 2 o'clock, 3 X 1 hangers attach to tension cable at 12 o'clock.

Fewer knee braces are needed.

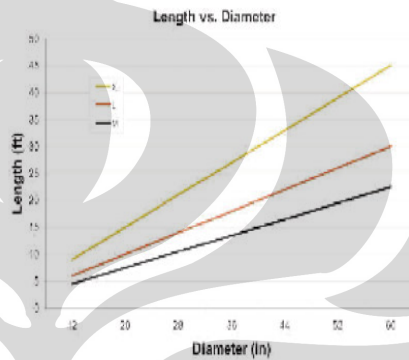
FINAL FILTER

The DuctSox Final Filter is a simple replaceable cone shape filtration device that is available from DuctSox Corporation exclusively. Affixed at the inlet with a zipper, the filter is completely concealed within the DuctSox. Considering layout conditions, a DuctSox Final Filter may not be applicable for every project.

The Final Filter is available in two types and three lengths (M, L & X). Design considerations include physical space required and required supply static pressure.

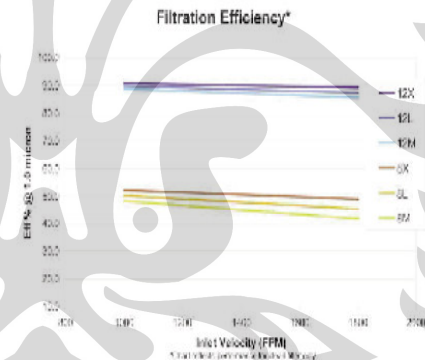
SPACE CONSIDERATIONS

DuctSox Final Filters are available in all diameters and in three different lengths: M, L or X. The shortest, or M length filter is 4.5x the diameter in length, the L and X are 6x and 9x respectively. Longer filters offer increased surface area which improves filtration performance and extends the effective life.



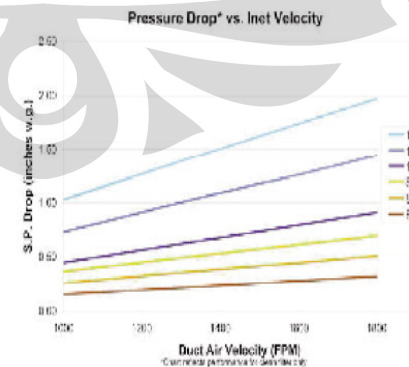
FILTRATION EFFICIENCY

Filtration efficiency is a measure of the amount of particle captured by the filter media at a given particle size. This rating varies based on particle size, face velocity, filter loading (clean versus dirty) and dynamic conditions (movement). Based on performance testing, our filters are MERV-8 (~ 50% efficient) or a MERV-12 (~ 90% efficient).



PRESSURE LOSS

Another key performance consideration is the filter pressure drop. Depending on filter media, length and inlet velocity the pressure resistance ranges from 0.15"-0.59" w.g. (MERV-8) and 0.44" - 1.97" w.g. (MERV-12) clean. Performance testing has proven the filter maintains its effectiveness at 3.2x the original pressure drop.

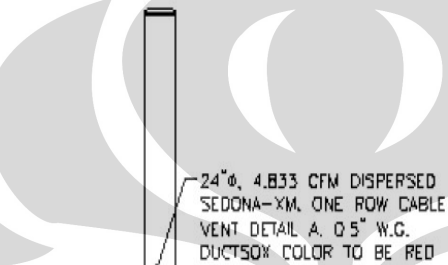


LIFE EXPECTANCY

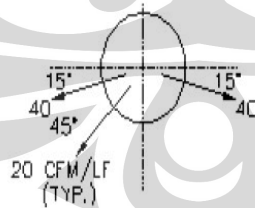
The effective life of the final filter will vary based on efficiency of the prefilter, the final filter and the amount of airborne particles. Higher efficient filters capture more particles and typically offer a shorter life expectancy than lower efficient options. In application tests, the effective life ranges from a few months - to a year. A secondary pressure monitoring device may be added to the system design to monitor the filter pressure to ensure proper maintenance (not provided by DuctSox Corp.).

SAMPLE CAD DETAILS

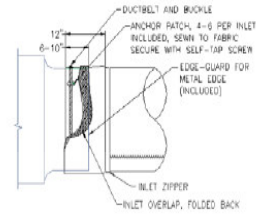
The graphical, or CAD portion of design is the critical to convey design intent to the construction team. More than including the layout details as shown below, adding detail drawings (right) highlight specific details of the components, airflow type & orientation, suspension type or inlet connection. Considering these details vary by fabric, access www.ductsox.com [technical library] to download current complete details.



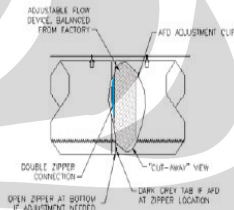
VENT DETAIL A



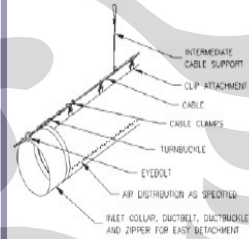
Complete drawing details and specifications are available at www.ductsox.com



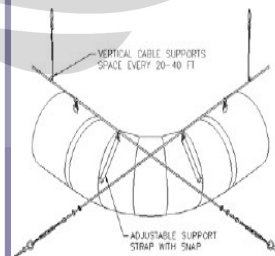
INLET ATTACHMENT DETAIL
SECONDARY TYPE WITH ZIPPER AND OVERLAP



ADJUSTABLE FLOW DEVICE (AFD)
INSTALLED AT ZIPPER LOCATION AT INLET OR AS SHOWN IN OTHER LOCATIONS. ZIPPER TO ZIPPER CONNECTION AS SHOWN. EXTERNAL LABEL IDENTIFIES LOCATION

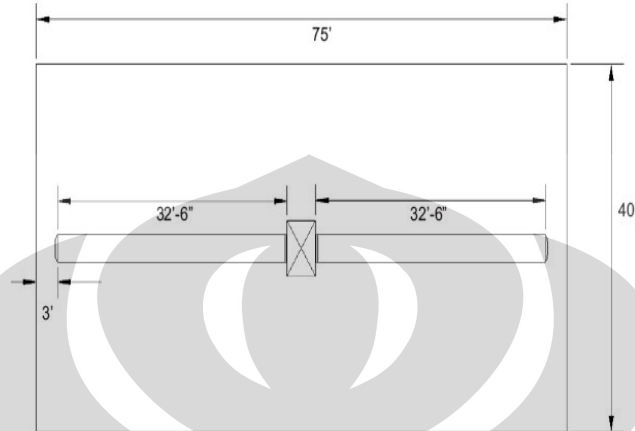


SUSPENSION DETAIL
T ROW CABLE SUSPENSION @ 12 O'CLOCK



SUSPENSION DETAIL
RADIUS ELBOW, T ROW CABLE SUSPENSION

SAMPLE COMFORT-FLOW DESIGN

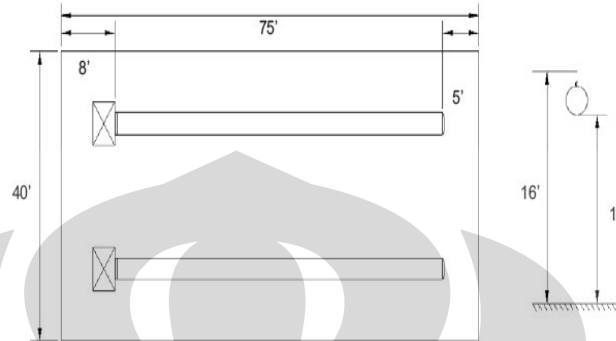


- 1 **Series / Shape:** Open ceiling = Cylindrical
- 2 **Design Layout:** Centrally located unit and higher open ceiling (16 foot - not shown) allows for a simpler layout. Diameter is selected for normal inlet velocity (<1,600). Diameter: 16" at 1,433 FPM
- 3 **Fabric Selection:** Sedona-XM fabric is selected for extended warranty and custom color.
- 4 **Air Dispersion:** L-Vents are selected (std.). System pressure is at 0.45" w.g.
Airflow through fabric: 288 CFM
Airflow through vents
Vent detail: size 15 at 4&8 o'clock
size 10 at 5&7 o'clock
- 5 **Suspension:** Considering the DuctSox will be mounted against the bottom of the truss - a one row cable suspension with snap clips is selected for an easy / low cost installation.

Using the available "Designer" - the design steps are much simpler. Contact your local DuctSox rep to get the most current version.

Airflow	2000	cfm
Diameter	16	inch
Length	33	feet
Inlet Velocity	1433	fpm
Inlet Static Pressure	0.45	in of H ₂ O
Velocity Pressure	0.13	in of H ₂ O
Frictional Losses	0.02	in of H ₂ O
Average Pressure	0.52	in of H ₂ O
Maximum Pressure	0.56	in of H ₂ O
Fabric Porosity	2.00	cfm/ft ²
Fabric CFM	288	cfm
	Vent Set #1	
% of Air to Disperse	100%	
Number of DuctVents	2	Vents
DuctVent CFM	1712	cfm
L-Vent Size	25	cfm/ft

SAMPLE HIGH-THROW DESIGN



- 1 Series / Shape:** Open ceiling = Cylindrical
- 2 Design Layout:** Roof mounted unit with two drops coming into the space (as shown). Simple straight runs - diameter is selected for normal inlet velocity (<1,600).
Diameter: 38" at 1,522 FPM
- 3 Fabric Selection:** TufTex fabric is selected as it's the premium option for High-Throw, extended warranty and available Blue color.
- 4 Air Dispersion:** This manufacturing facility required throw and mixing = High-Throw Series. System pressure is at 0.5" w.g.
Airflow through fabric: 0 CFM
Airflow through orifices: 12,000
Orifice detail: 298: 2" Dia at 4&8 o'clock
4' void - 4.62" spacing
- 5 Suspension:** Considering the DuctSox will be mounted 24 inches below the structure - a two H-Track suspension with snap tabs is selected for an easy / low cost installation.

Using the available "Designer" - the design steps are much simpler. Contact your local DuctSox rep to get the most current version.

Airflow	12000	cfm
Diameter	38	inch
Length	62	feet
Inlet Velocity	1524	fpm
Inlet Static Pressure	0.50	in of H ₂ O
Velocity Pressure	0.14	in of H ₂ O
Frictional Losses	0.01	in of H ₂ O
Average Pressure	0.59	in of H ₂ O
Maximum Pressure	0.63	in of H ₂ O

Orifice Set #1	
% of Air to Disperse	100%
Orifice Size	2.00 inch Dia
CFM / Orifice	40.31 cfm
Orifice Quantity	298
# of Orifice Rows	2
Void to First	4 feet
Orifice Spacing	4.62 inches

Throw at Design Pressure (150 ft/min Terminal Velocity)						
Orifice Diameter						
0.5"	1"	2"	3"	4"	5"	
4.3'	8.5'	17.1'	25.6'	34.1'	42.7'	

EQUIPMENT SPECIFICATIONS

When designing any DuctSox® system, many different factors contribute to the final design. AHU outlet diameter, external static pressure, outlet airflow velocity, room height, length (minimum or maximum) and width, and more, all must be considered in a proper design. The following section includes suggestions to consider when designing a new system or a retro-fit to existing equipment. DuctSox® systems, offer a variety of suspension system options and fabrics that also must be chosen to fit both the proper suspension requirements and the decor of the environment.

NEW CONSTRUCTION

When designing a system for a new application or use with a new AHU unit, equipment specifications should include outlet velocities specific to the fabric and series and an external static pressure of 1/2" w.g. at the DuctSox® inlet. Standard centrifugal blowers typically work well for a DuctSox® system. Filtering the air before it gets into the DuctSox® system is required with any of the permeable fabrics. While a 30% efficient filter is suggested, better filters reduce the dirt that gets into the system. Less dirt in the system means less cleaning, resulting in a longer product life.

RETRO-FIT / EXISTING SYSTEMS

Existing units have typically been designed for metal ductwork and registers, not including the additional static pressure required to properly inflate a DuctSox® system. Therefore most existing systems may include removing all of the existing metal ductwork and installing a complete DuctSox® system. Other options may include a combination of booster fans and dampers to properly balance the static pressures needed.

Other additions, such as metal collars, fittings or supports may also be required to properly connect the inlet and the suspension system. If you have any questions or problems getting the information you need, you may call our customer service group for assistance. The information can typically be found by contacting the manufacturer and giving them your model & serial number.

AHU CONTROLS

STANDARD THERMOSTAT CONTROLS

A system controlled by a standard thermostat should be set on continuous fan duty. It is important to note that standard settings, without constant duty, will include inflation and deflation stages of the DuctSox® system. In different environments, some may find this distracting. Extreme cycling, especially with single row suspension systems, may cause premature failure of the system due to inflation impact stress.

VARIABLE AIR VOLUME (VAV) BOXES / CONTROLS

With an emphasis on indoor air quality and the extended development of motor controllers, variable air volume systems are common. Considering the DuctSox system operates on positive pressure - it is important to match the airflow curve and relative pressure curve to ensure adequate inflation on the low side and available inlet static pressure on the high volume side. Typically - DuctSox maintains an "acceptable" inflated appearance down to 1/8" w.g..

FREQUENCY DRIVE / SOFT START CONTROLS

In order to reduce the "popping" that may be experienced upon inflation, a solution may include the use of a frequency drive or soft start motor controller to ramp up the speed of the fans. This will greatly reduce the initial surge of airflow that causes most of the stress on a fabric DuctSox® system. Adjustable Flow Devices (AFD's) can also be used to reduce the initial surge of airflow upon start up.

TWO SPEED / STAGING FANS

For larger industrial / commercial HVAC systems, a two speed fan or a staging fan may be considered. Either option will operate with the primary purpose of keeping the DuctSox® system inflated when the HVAC system is not operating. When the system is switched into second stage, the system is already partially inflated. Considering the system is already inflated, this option virtually eliminates any concern of inflation pop.

SOUND DATA

Noise within an HVAC system is commonly generated by either the equipment or the airflow. Equipment noise is typically captured using sound attenuation components and air noise is reduced by designing with lower airflow velocities and lower static pressure.

Unlike traditional metal systems, DuctSox® Air Dispersion Products are fabricated of a flexible fabric that does not block, conduct or convey noise. To properly consider the acoustical aspects of design, please review and consider the following: "Equipment" noise, "Velocity" noise and "Pressure" noise.

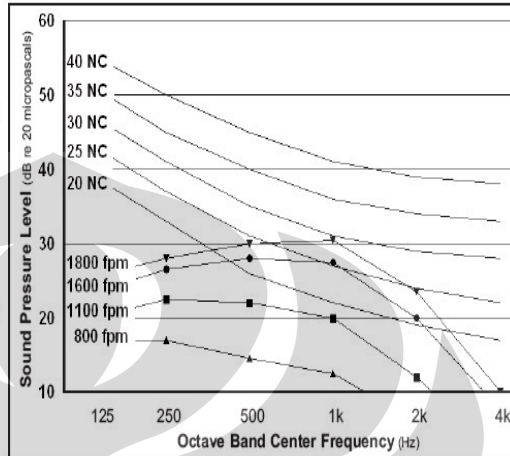
Equipment Noise references noise generated by something external of the DuctSox system, which could include an air handling unit, fan, VAV box, or fan-powered box. This noise can be contained in, and travel down, metal duct work prior to the DuctSox System. When this conveyed equipment noise reaches the DuctSox, it will "break out" of the fabric duct almost immediately because the fabric is not a noise "barrier". The best way to prevent this from occurring is to include a noise attenuator to absorb the noise before it enters the DuctSox system.

Velocity Noise refers to the amount of noise generated by the velocity of the airflow entering the DuctSox at the inlet. As with any system, higher velocities result in more noise, and lower operate quieter. There are four data lines on the chart, reflecting average inlet velocities of 800, 1100, 1600 and 1800 FPM into a 16" diameter DuctSox system at .5" w.g. static pressure.

NC vs. Inlet Velocity	
(ft/min)	NC Level
800	<20
1,100	<20
1,600	25
1,800	30

NOTE: Sound Power Levels adjusted for > 15,000 cubic feet space with DuctSox installed 16 ft above the occupied zone.

Pressure Noise identifies the amount of noise generated by the air outlets. Systems operating at a higher static pressure push additional air through the outlets. This increased airflow emits higher noise levels than lower airflows. During design, maintaining a static pressure at or below 0.5 in w.g. will effectively eliminate concerns of noise generated due to static pressure (below audible range).



Sample Sound Data Chart

Performance chart detail performance characteristics of test sample only (Sedona-Xm, S-Vent at 0.5" w.g.). Actual results will vary based on airflow type, fabric, static pressure, room size and DuctSox location.

For best results with noise sensitive projects, please contact our factory representative for free engineering support.

Noise Absorption characteristics of DuctSox products also help reduce the ambient sound within an environment. The soft flexible fabric acts as a baffle along the ceiling, reducing sound by breaking up small amounts of reflective noise. Independent testing revealed:

Noise Reduction Coefficient (NRC): 0.20
Sound Absorption Average (SAA): 0.17-0.21

More detailed test results of Absorption Coefficient vs. Frequency are available if requested.

WARRANTY & CODE COMPLIANCE

Design & Performance Warranty

For the first year of operation - each DuctSox system designed and operating within the published guidelines is covered by a design and performance warranty. To assist through the design process, we freely offer our published design manual on our website or provide design assistance through our inside sales and engineering group.

DuctSox Product Warranty

The DuctSox Warranty is for replacement or repair credit based on the amount of the warranty period remaining. The warranty is not available in the form of a cash payment, only as credit towards repair or replacement. The DuctSox Warranty covers materials, fabrication and performance of the fabric portion of the DuctSox System only. Warranty coverage begins at time of shipment.

Material	Warranty Period	Application Requirements
Sedona-Xm, TuffTex, & Coronado	10 year, prorated years 5-10	Airflow & Static Pressure per original DuctSox design in accordance with published requirements at the time of shipment.
Verona, DuraTex & Stat-X	5 year, prorated years 2.5 - 5	Same as above
EkoTex & Microbe-X	1 year	Same as above



Warranty excludes damage to fabric from improper installation, poor maintenance, abuse, abrasion, caustic chemicals, exposure to high temperature (over 180 degrees F), fabric discoloration and shrinkage or any unauthorized modifications to system. Warranty does not cover any labor, equipment rental or freight charges incurred as a result of executing the warranty.

Code Compliance

As drafted by the International Code Council, (ICC), Acceptance Criteria for Fabric Air Dispersion Systems (AC-167) is the most comprehensive compliance requirement assembled for the fabric duct industry. More than just a measure of safety, quality and performance, when combined with our classification to this standard by Underwriters Laboratories (UL) ensures continued compliance for all marked products. Additional information is available at www.ductsox.com.

DUCTSOX
Fabric Air Dispersion Products

4343 Chavenelle Road
Dubuque, IA 52002-2654
Phone: 866-DuctSox / 563-589-2777
Fax: 563-589-2754

www.ductsox.com

DSD07F0307H

© DuctSox Corporation 2007

LAMPIRAN 9. DATA TEKNIS ANEMOMETER

Air flow + Air Velocity, CMM, CFM

ANEMOMETER

Model : AM-4206

ISO-9001, CE, IEC1010

FEATURES

- * Air flow : CMM ($m^3/min.$) and CFM ($ft^3/min.$)
- * Air velocity : m/s, ft/min, km/h, knots.
- * Air temperature : $^{\circ}C$, $^{\circ}F$.
- * 3 air flow mode : Instant, 2/3 Vmax, Average.
- * Low-friction ball vane wheels is accurate in both high & low velocities.
- * Large LCD with dual display.
- * Record max. and min. reading value.
- * Data hold.
- * Microcomputer circuit.
- * Thermistor sensor for temp. measurement, fast response time.
- * RS 232 PC serial interface.
- * Separate probe, easy for operation of the different measurement environment.



Lutron

LUTRON ELECTRONIC

The Art of Measurement

ANEMOMETER METER, air flow + air velocity

Model : AM-4206

FEATURES	
* Air flow : CMM (m ³ /min.) and CFM (ft ³ /min.)	* Thermistor sensor for temp. measurement, fast response time.
* Air velocity : m/s, ft/min, km/h, knots.	* Build-in low battery indicator.
* Air temperature : C degree, F degree.	* Operates from 006P DC 9V battery.
* 3 air flow mode : Instant, 2/3 Vmax, Average.	* RS 232 PC serial interface.
* Low-friction ball vane wheels is accurate in both high & low velocities.	* Separate probe, easy for operation of the different measurement environment.
* Large LCD with dual display.	* Used the durable, long-lasting components, including a strong, light weight ABS-plastic housing case.
* Record maximum and minimum reading with recall.	* Wide applications: use this anemometer to check air conditioning & heating systems, measure air velocities, wind speeds, temperature...etc.
* Data hold.	
* Microcomputer circuit provides special function & offer high accuracy.	
* Auto shut off saves battery life.	

GENERAL SPECIFICATIONS			
Circuit	Exclusive one-chip of micro-computer LSI circuit.	Power off	Auto shut off saves battery life or manual off by push button.
Display	* 13 mm (0.5") Super large LCD display. * Dual function meter's display.	Sampling Time	Approx. 0.8 sec.
Measurement	<i>Air velocity :</i> m/s (meters per second), km/h (kilometers per hour), ft/min (feet/per minute), knots (nautical miles per hour), mile/h (miles per hour), <i>Air flow :</i> CMM (m ³ /min.), CFM (ft ³ /min.) <i>Air temperature :</i> °C, °F. <i>Data hold.</i>	Operating Humidity	Less than 80% RH.
		Operating Temperature	0°C to 50°C (32°F to 122°F).
		Data Output	RS 232 PC serial interface.
		Power Supply	Alkaline or heavy duty type DC 9V battery, 006P, MN1604 (PP3) or equivalent.
		Power Current	Approx. DC 8.3 mA.
		Weight	381 g/0.84 LB.
Memory Recall	Record maximum & minimum reading value with recall.	Dimension	Main instrument: 180 x 72 x 32 mm (7.1 x 2.8 x 1.3 inch).
		Accessories Included	Sensor head : Round, 72 mm Dia. Instruction manual..... 1 PC. Sensor probe..... 1 PC. Carrying case..... 1 PC.
		Optional Accessories	Software (Windows version, data record & data acquisition)SW-U101-WIN RS232 cable....UPCB-01
Sensor Structure	<i>Air velocity & Air flow :</i> Conventional twisted van arm and low friction ball bearing design. <i>Temperature :</i> Thermistor.		

ELECTRICAL SPECIFICATIONS (23 ± 5 °C)			
a. Air velocity			
<i>Measurement</i>	<i>Range</i>	<i>Resolution</i>	<i>Accuracy</i>
m/s	0.4 - 25.0 m/s	0.1 m/s	± (2% + 2d)
km/h	1.4 - 90.0 km/h	0.1 km/h	
mile/h	0.9 - 55.9 mile/h	0.1 mile/h	
knots	0.8 - 48.8 knots	0.1 knots	
ft/min	80 - 4930 ft/min	1 ft/min	± (2% + 20 ft/min)
b. Air flow			
<i>Measurement</i>	<i>Range</i>	<i>Resolution</i>	<i>Area</i>
CMM (m ³ /min.)	0 - 999,900 m ³ /min.	0.001 - 100 m ³ /min.	0.001 - 9,999 m ³ /min.
CFM (ft ³ /min.)	0 - 999,900 ft ³ /min.	0.001 - 100 ft ³ /min.	0.001 - 9,999 ft ³ /min.
c. Air temperature			
Temperature(°C)	0 to 50 °C	0.1 °C	0.8 °C
Temperature(°F)	32 to 122 °F	0.1 °F	1.5 °F


* Appearance and specifications listed in this brochure are subject to change without notice.

0403-AM4206

LAMPIRAN 10. DATA TEKNIS TIMBANGAN

Balances

A&D Weighing EK-i Series Compact Balances



Standard Features

- Backlit weight display
- Nine weighing modes
- Remote zeroing
- Easy to install NiCd battery option
- Standard RS-232C bi-directional interface

Specifications

PCS - MAX COUNT:
EK-120i: 12,000
EK-200i: 20,000
EK-300i: 30,000
EK-410i: 40,000
EK-610i: 60,000
EK-600i: 6,000
EK-1200i: 12,000
EK-2000i: 20,000
EK-3000i: 30,000
EK-4100i: 40,000
EK-6100i: 60,000
EK-6000i: 6,000
EK-12ki: 12,000

PCS - MIN UNIT WEIGHT:
EK-120i, EK-200i, EK-300i, EK-410i, EK-610i: 0.01g
EK-600i, EK-1200i, EK-2000i, EK-3000i, EK-4100i, EK-6100i: 0.1g
EK-6000i, EK-12ki: 1g

% - MIN. DIV:
EK-120i, EK-200i, EK-300i, EK-410i, EK-610i: 0.1%
EK-600i, EK-1200i, EK-2000i, EK-3000i, EK-4100i, EK-6100i, EK-6000i, EK-12ki: 0.1%

LINEARITY:
EK-120i, EK-200i: $\pm 0.01g$
EK-300i, EK-410i, EK-610i: $\pm 0.02g$
EK-600i, EK-1200i, EK-2000i: $\pm 0.1g$
EK-3000i, EK-4100i, EK-6100i: $\pm 0.2g$
EK-6000i, EK-12ki: $\pm 1g$

REPEAT/STD.DIV:
EK-120i, EK-200i, EK-300i, EK-410i, EK-610i: 0.01g
EK-600i, EK-1200i, EK-2000i, EK-3000i, EK-4100i, EK-6100i: 0.1g
EK-6000i, EK-12ki: 1g

PAN SIZE:
EK-120i, EK-200i, EK-300i, EK-410i, EK-610i: 4.3" diameter/110mm
EK-600i, EK-1200i, EK-2000i, EK-3000i, EK-4100i, EK-6100i, EK-6000i, EK-12ki: 5.2" x 6.7"/133 x 170mm

DIMENSIONS:
7.5 (W) x 8.6 (D) x 2.2 (H) in
190 x 218 x 53mm

WEIGHT:
EK-120i, EK-200i, EK-300i, EK-410i, EK-610i: 2.4 lb/1.1 kg
EK-600i: 3lb/1.3kg
EK-1200i, EK-2000i, EK-3000i, EK-4100i, EK-6100i, EK-6000i, EK-12ki: 3.5 lb/1.5 kg

CALIBRATION MASS:
EK-120i: 120g
EK-200i: 200g
EK-300i: 300g
EK-410i: 400g
EK-610i, EK-600i: 600g
EK-1200i: 1200g
EK-2000i: 2kg
EK-3000i: 3kg
EK-4100i: 4kg
EK-6100i, EK-6000i: 6kg
EK-12ki: 12kg

SENSITIVITY DRIFT:
 $\pm 20ppm/^{\circ}C$ (10 $^{\circ}C$ -30 $^{\circ}C$ /50 $^{\circ}F$ -86 $^{\circ}F$)

OPERATING TEMPERATURE:
14 $^{\circ}F$ -104 $^{\circ}F$ /-10 $^{\circ}C$ -40 $^{\circ}C$

DISPLAY TYPE:
7 segment LCD back lit

DISPLAY REFRESH:
10 times per second

POWER:
AC adapter, or Ni-MH battery pack (option)


WARRANTY:
Five-year limited warranty

EK-i Series Capacities


	EK-120i	EK-120i	EK-300i	EK-410i	EK-610i	EK-600i	EK-1200i
g	120 x 0.01	200 x 0.01	300 x 0.01	400 x 0.01	600 x 0.01	600 x 0.1	1200 x 0.1
dec.oz	4.2330 x 0.0005	7.0550 x 0.0005	10.5820 x 0.0005	14.11 x 0.001	21.164 x 0.001	21.165 x 0.005	42.330 x 0.005
dec. lb				0.8818 x 0.0001	1.3228 x 0.0001	1.3230 x 0.0005	2.6455 x 0.0005

	EK-2000i	EK-3000i	EK-4100i	EK-6100i	EK-6000i	EK-12ki
g	2000 x 0.1	3000 x 0.1	4000 x 0.1	6000 x 1	6000 x 1	12,000 x 1
dec.oz	70.550 x 0.005	105.82 x 0.005	141.1 x 0.005	211.64 x 0.005	211.65 x 0.05	423.3 x 0.05
dec. lb	4.4050 x 0.005	6.6140 x 0.005	8.818 x 0.005	13.228 x 0.005	13.230 x 0.005	26.455 x 0.005

Specifications subject to change without notice



Commitment Beyond Measurement™



B-23

EK-i Series

PART #	A&D MODEL #	CAPACITY	EST. SHIP WEIGHT	PRICE
97747	EK-120i	120 g x 0.01 g	2.4 lb/1.1 kg	\$460.00
97748	EK-200i	200 g x 0.01 g	2.4 lb/1.1 kg	475.00
97749	EK-300i	300 g x 0.01 g	2.4 lb/1.1 kg	500.00
97750	EK-410i	400 g x 0.01 g	2.4 lb/1.1 kg	575.00
97751	EK-610i	600 g x 0.01 g	3 lb/1.1 kg	675.00
97752	EK-600i	600 g x 0.1 g NTEP Class III D=0.1g	3.5 lb/1.5 kg	455.00
97753	EK-1200i	1,200 g x 0.1 g NTEP Class II D=0.1g	3.5 lb/1.5 kg	470.00
97754	EK-2000i	2,000 g x 0.1 g	3.5 lb/1.5 kg	495.00
97755	EK-3000i	3,000 g x 0.1 g	3.5 lb/1.5 kg	525.00
97756	EK-4100i	4,000 g x 0.1 g	3.5 lb/1.5 kg	649.00
97757	EK-6100i	6,000 g x 0.1 g	3.5 lb/1.5 kg	795.00
97758	EK-6000i	6,000 g x 1 g NTEP Class III D=1 g	3.5 lb/1.5 kg	495.00
97759	EK-12Ki	12,000 g x 1 g NTEP Class II D=1 g	3.5 lb/1.5 kg	625.00
Options/Accessories				
97760	EKW-041	Comparator/relay outputs/buzzer		129.00
97761	EKW-07i	Underhook for EK-4100i/6100i/6000i/12Ki/EW-12Ki		39.00
97762	EKW-09i	NiCd battery pack		140.00
97763	EKW-29	Bluetooth® factory installed, 30 ft maximum		299.00
97764	AX:3005824-5S	Protective in-use cover		11.00
97765	CC:106	Carrying case		59.00
97605	AD-100-2	Anti-theft device		49.00
97766	TB:163	AC adapter (120V)		39.00
97767	TB:164	AC adapter (240V)		49.00

Bluetooth is a registered trademark of Bluetooth SIG

A&D Weighing

Please refer to our High Precision Industrial Weighing Section in this catalog for exciting new choices and capabilities.

And don't forget to reference our full color Precision Catalog for additional solutions such as test weights, calibration services, static solutions, liquid handling, electrochemistry and more!

B-24

RISE LAKE
WEIGHING SYSTEMS
Commitment Beyond Measurement™

© 2008 Rice Lake Weighing Systems 02/08
Prices and specifications subject to change without notice. Visit ricelake.com for current prices.

Internal Document: How to use ASTM D-737

ASTM D 737-96 - Standard Test Method for Air Permeability of Textile Fabrics

1. Scope

1.1 This test method covers the measurement of the air permeability of textile fabrics.

1.2 This test method applies to most fabrics including woven fabrics, nonwoven fabrics, air bag fabrics, blankets, napped fabrics, knitted fabrics, layered fabrics, and pile fabrics. The fabrics may be untreated, heavily sized, coated, resin-treated, or otherwise treated.

1.3 The values stated in SI units are to be regarded as the standard. The values stated in inch-pound units may be approximate.

1.4 This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

D 123 Terminology Relating to Textiles 2

D 1776 Practice for Conditioning Textiles for Testing 2

D 2904 Practice for Interlaboratory Testing of a Textile Test Method That Produces Normally Distributed Data

D 2906 Practice for Statements on Precision and Bias for Textiles

F 778 Methods for Gas Flow Resistance Testing of Filtration Media

2.2 ASTM Adjuncts:

TEX-PAC

3. Terminology

3.1 Definitions - For definitions of other textile terms used in this test method refer to Terminology D 123.

3.2 Definitions of Terms Specific to This Standard:

3.2.1 air permeability, n - the rate of air flow passing perpendicularly through a known area under a prescribed air pressure differential between the two surfaces of a material.

3.2.1.1 Discussion - Air permeability of fabric at a stated pressure differential between two surfaces of the fabric is generally expressed in SI units as $\text{cm}^3/\text{s}/\text{cm}^2$ and in inch-pound units as $\text{ft}^3/\text{min}/\text{ft}^2$ calculated at operating conditions.

3.2.2 cross-machine direction, CD, n - the direction in the plane of the fabric perpendicular to the direction of manufacture.

3.2.2.1 Discussion - This term is used to refer to the direction analogous to coursewise or filling direction in knitted or woven fabrics, respectively.

3.2.3 fabric, in textiles, n - a planar structure consisting of yarns or fibers.

3.2.4 machine direction, MD, n - the direction in the plane of the fabric parallel to the direction of manufacture.

3.2.4.1 Discussion - This term is used to refer to the direction analogous to warpwise or warp direction in knitted or woven fabrics, respectively.

4. Summary of Test Method

4.1 The rate of air flow passing perpendicularly through a known area of fabric is adjusted to obtain a prescribed air pressure differential between the two fabric surfaces. From this rate of air flow, the air permeability of the fabric is determined.

5. Significance and Use

5.1 This test method is considered satisfactory for acceptance testing of commercial shipments since current estimates of between-laboratory precision are acceptable, and this test method is used extensively in the trade for acceptance testing.

5.1.1 In case of a dispute arising from differences in reported test results when using this test method for acceptance testing of commercial shipments, the purchaser and the supplier should conduct comparative tests to determine if there is a statistical bias between their laboratories. Competent statistical assistance is recommended for the investigation of bias. As a minimum, the two parties should take a group of test specimens that are as homogeneous as possible and that are from a lot of material of the type in question. Test specimens then should be randomly assigned in equal numbers to each laboratory for testing. The average results from the two laboratories should be compared using the appropriate statistical analysis and an acceptable probability level chosen by the two parties before testing is begun. If a bias is found, either its cause must be found and corrected, or the purchaser and the supplier must agree to interpret future test results with consideration of the known bias.

5.2 Air permeability is an important factor in the performance of such textile materials as gas filters, fabrics for air bags, clothing, mosquito netting, parachutes, sails, tentage, and vacuum cleaners. In filtration, for example, efficiency is directly related to air permeability. Air permeability also can be used to provide an indication of the breathability of weather-resistant and rainproof fabrics, or of coated fabrics in general, and to detect changes during the manufacturing process.

5.3 Performance specifications, both industrial and military, have been prepared on the basis of air permeability and are used in the purchase of fabrics where permeability is of interest.

5.4 Construction factors and finishing techniques can have an appreciable effect upon air permeability by causing a change in the length of airflow paths through a fabric. Hot calendaring can be used to flatten fabric components, thus reducing air permeability. Fabrics with different surface textures on either side can have a different air permeability depending upon the direction of air flow.

5.4.1 For woven fabric, yarn twist also is important. As twist increases, the circularity and density of the yarn increases, thus reducing the yarn diameter and the cover factor and increasing the air permeability. Yarn crimp and weave influence the shape and area of the interstices between yarns and may permit yarns to extend easily. Such yarn extension would open up the fabric, increase the free area, and increase the air permeability.

5.4.2 Increasing yarn twist also may allow the more circular, high-density yarns to be packed closely together in a tightly woven structure with reduced air permeability. For example, a worsted gabardine fabric may have lower air permeability than a woolen hopsacking fabric.

6. Apparatus

Note: Available at: <http://www.frazierinstrument.com/products/fap/fap.html/>

6.1 Air Permeability Testing Apparatus consisting of the following:

6.1.1 Test Head that provides a circular test area of 38.3cm^2 (5.93 in.^2) $\pm 0.3\%$.

FPIQ NOTE 2—Alternate test areas may be used, such as 5 cm^2 (0.75 in.^2), 6.45 cm^2 (1.0 in.^2), and 100 cm^2 (15.5 in.^2).

6.1.2 Clamping System to Secure Test Specimens, of different thicknesses under a force of at least $50 \pm 5\text{ N}$ ($116 \pm 1\text{ lbf}$) to the test head without distortion and minimal edge leakage underneath the test specimen.

6.1.2.1 A suitable means to minimize edge leakage is to use a 55 Type A durometer hardness polychloroprene (neoprene) clamping ring 20 mm (0.75 in.) wide and 3 mm (0.125 in.) thick around the test area above and underneath the test specimen.

NOTE - Since air leakage may affect test results, precautions must be taken, especially with very heavy or lofty fabrics, to prevent leakage. The use of a weighted ring and rubber gaskets on the clamp surfaces has been found to be helpful. Test Method F 778 describes a series of usable clamping adaptations to eliminate edge leakage. Gaskets should be used with caution because in some cases, and with repeated-use gaskets may deform resulting in a small change in test area. A weighted ring can be used with fabrics, such as knits or those that readily conform to the test head. The weighted ring is not recommended for lofty or stiff fabric.

6.1.3 Means for drawing a steady flow of air perpendicularly through the test area and for adjusting the airflow rate that preferably provides pressure differentials of between 100 and 2500 Pa (10 and 250 mm or 0.4 and 10 in. of water) between the two surfaces of the fabric being tested. At a minimum, the test apparatus must provide a pressure drop of 125 Pa (12.7 mm or 0.5 in. of water) across the specimen.

6.1.4 Pressure Gage or Manometer, connected to the test head underneath the test specimen to measure the pressure drop across the test specimen in pascals (millimetres or inches) of water with an accuracy of $\pm 2\%$.

6.1.5 Flowmeter, volumetric counter or measuring aperture to measure air velocity through the test area in $\text{cm}^3/\text{s}/\text{cm}^2$ ($\text{ft}^3/\text{min}/\text{ft}^2$) with an accuracy of $\pm 2\%$.

FPIQ 6.1.6 Calibration Plate (Test Plate), or other means, with a known air permeability at the prescribed test pressure differential to verify the apparatus.

6.1.7 Means of calculating and displaying the required results, such as scales,

digital display, and computer-driven systems.

6.2 Cutting Dies or Templates, to cut specimens having dimensions at least equal to the area of the clamping surfaces of the test apparatus (optional).

7. Sampling and Test Specimens

7.1 Lot Sample - As a lot sample for acceptance testing, randomly select the number of rolls or pieces of fabric directed in an applicable material specification or other agreement between the purchaser and the supplier. Consider the rolls or pieces of fabric to be the primary sampling units. In the absence of such an agreement, take the number of fabric rolls or pieces specified in Table 1.

NOTE - An adequate specification or other agreement between the purchaser and the supplier requires taking into account the variability between rolls or pieces of fabric and between specimens from a swatch from a roll or piece of fabric to provide a sampling plan with a meaningful producer's risk, consumer's risk, acceptable quality level, and limiting quality level.

7.2 Laboratory Sample—For acceptance testing, take a swatch extending the width of the fabric and approximately 1 m (1 yd) along the lengthwise direction from each roll or piece in the lot sample. For rolls of fabric, take a sample that will exclude fabric from the outer wrap of the roll or the inner wrap around the core of the roll of fabric.

Table 1 - Number of Rolls or Pieces of Fabric in the Lot Sample

Number of Rolls or Pieces in Lot, Inclusive	Number of Rolls or Pieces in Lot Sample
1 to 3	all
4 to 24	4
25 to 50	5
over 50	10 % to a maximum of 10 rolls or pieces

7.3 Test Specimens—From each laboratory sampling unit, take ten specimens unless otherwise agreed upon between purchaser and supplier. Use the cutting die or template described in 6.2, or if practical, make air permeability tests of a textile fabric without cutting.

7.3.1 Cutting Test Specimens—When cutting specimens, cut having dimensions at least equal to the area of the clamping mechanism. Label to maintain specimen identity.

7.3.1.1 Take specimens or position test areas representing a broad distribution across the length and width, preferably along the diagonal of the laboratory sample, and no nearer the edge than one tenth its width unless otherwise agreed upon between the purchaser and supplier. Ensure specimens are free of folds, creases, or wrinkles. Avoid getting oil, water, grease, and so forth, on the specimens when handling.

FPIQ 8. Preparation of Test Apparatus and Calibration

8.1 Set-up procedures for machines from different manufacturers may vary.

Prepare and verify calibration of the air permeability tester as directed in the manufacturer's instructions.

8.2 When using microprocessor automatic data gathering systems, set the appropriate parameters as specified in the manufacturer's instructions.

8.3 Always level the test instrument.

8.4 Verify calibration with the Test Plate for the range and required waterpressure differential that is expected for the material to be tested.

9. Conditioning

9.1 Precondition the specimens by bringing them to approximate moisture equilibrium in the standard atmosphere for preconditioning textiles as specified in Practice D 1776.

9.2 After preconditioning, bring the test specimens to moisture equilibrium for testing in the standard atmosphere for testing textiles as specified in Practice D 1776 or, if applicable, in the specified atmosphere in which the testing is to be performed.

9.3 When it is known that the material to be tested is not affected by heat or moisture, preconditioning and conditioning is not required when agreed upon in a material specification or contract order.

10. Procedure

10.1 Test the conditioned specimens in the standard atmosphere for testing textiles, which is $21 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ($70 \pm 2^{\circ}\text{F}$) and $65 \pm 2\%$ relative humidity, unless otherwise specified in a material specification or contract order.

10.2 Handle the test specimens carefully to avoid altering the natural state of the material.

10.3 Place each test specimen onto the test head of the test instrument, and perform the test as specified in the manufacturer's operating instructions.

10.3.1 Place coated test specimens with the coated side down (towards low pressure side) to minimize edge leakage.

10.4 Make tests at the water pressure differential specified in a material specification or contract order. In the absence of a material specification or contract order, use a water pressure differential of 125 Pa (12.7 mm or 0.5 in. of water).

10.5 Read and record the individual test results in SI units as $\text{cm}^3/\text{s}/\text{cm}^2$ and in inch-pound units as $\text{ft}^3/\text{min}/\text{ft}^2$ rounded to three significant digits.

FPIQ 10.5.1 For special applications, the total edge leakage underneath and through the test specimen may be measured in a separate test, with the test specimen covered by an airtight cover, and subtracted from the original test result to obtain the effective air permeability.

10.6 Remove the tested specimen and continue as directed in 10.3-10.5 until ten specimens have been tested for each laboratory sampling unit.

10.6.1 When a 95 % confidence level for results has been agreed upon in a material specification or contract order, fewer test specimens may be sufficient. In any event, the number of tests should be at least four.

11. Calculation

11.1 Air Permeability, Individual Specimens—Calculate the air permeability of individual specimens using values read directly from the test instrument in SI units as $\text{cm}^3/\text{s}/\text{cm}^2$ and in inch-pound units as $\text{ft}^3/\text{min}/\text{ft}^2$, rounded to three significant digits. When calculating air permeability results, follow the manufacturer's instructions as applicable.

Note—For air permeability results obtained 600 m (2000 ft) above sea level, correction factors may be required.

11.2 Air Permeability, Average—Calculate the average air permeability for each laboratory sampling unit and for the lot.

11.3 Standard Deviation, Coefficient of Variation—Calculate when requested.

11.4 Computer-Processed Data—When data are automatically computer-processed, calculations are generally contained in the associated software. It is recommended that computer-processed data be verified against known property values and its software described in the report.

12. Report

12.1 Report that the air permeability was determined in accordance with Test Method D 737. Describe the material or product sampled and the method of sampling used.

12.2 Report the following information for each laboratory sampling unit and for the lot as applicable to a material specification or contract order:

12.2.1 Air permeability.

12.2.2 When calculated, the standard deviation or the coefficient of variation.

12.2.3 Pressure differential between the fabric surfaces.

12.2.4 For computer-processed data, identify the program (software) used.

12.2.5 Manufacturer and model of test instrument.

12.2.6 Any modification of this test method or equipment including changing or adding gaskets.

13. Precision and Bias

13.1 Summary—In comparing two averages, the differences should not exceed the single-operator precision values shown in Table 2 for the respective number of tests, and for fabrics having averages similar to those shown in Table 3, in 95 out of 100 cases when all the observations are taken by the same well-trained operator using the same piece of equipment and specimens randomly drawn from the sample of fabrics. Larger differences are likely to occur under all other circumstances.

13.2 Woven Fabrics, Interlaboratory Test Data—An inter-laboratory test was run in 1994 through 1995 in which randomly drawn samples of three fabrics were tested in each of eight laboratories. Two operators in each laboratory each tested eight specimens of each fabric using this test method. Four of the eight specimens were tested on one day, and four specimens were tested on a second day. Analysis of the data was conducted using Practices D 2904 and D 2906 and the adjunct Tex-Pac. The components of variance for air permeability expressed as standard deviations were calculated to be the values listed in Table 3. The three woven fabric types were:

Woven Fabric Types		
Material 5	S/2438	Plain Weave, Oxford, Spun Yarns
Material 6	S/0002H	Plain Weave, Spun Yarns
Material 7	S/28305	Plain Weave, Continuous Filament Yarns

13.3 Nonwoven Fabrics, Interlaboratory Test Data—An interlaboratory test was run in 1994 in which randomly drawn samples of eight fabrics were tested in each participating laboratory. Two operators in each laboratory each tested eight specimens of each fabric using this test method. Four of the eight specimens were tested on one day and four specimens were tested on a second day. Analysis of the data was conducted using Practices D 2904 and D 2906 and the adjunct Tex-Pac. The components of variance for air permeability of nonwoven fabrics expressed as standard deviations were calculated to be the values listed in Table 3. The eight fabric types and number of participating laboratories were as follows:

Fabric Types and Participating Labs	
Nonwoven Material	Number of Participating Laboratories
Hydroentangled	5
Dry-Laid	5
Meltblown	5
Needlepunched	5
Resin-Bonded	2
Spun-Bonded	4
Thermal	4
Wet-Laid	5

13.4 Precision—For the components of variance reported in Table 3, two averages of observed values should be considered significantly different at the 95 % probability level if the difference equals or exceeds the critical differences listed in Table 2. There were sufficient differences related to the fabric type and structure to warrant listing the components of variance and the critical differences separately. Consequently, no multi-fabric comparisons were made.

Note: The tabulated values of the critical differences should be considered to be a general statement, particularly with respect to between-laboratory precision.

Before a meaningful statement can be made about two specific laboratories, the amount of statistical bias, if any, between them must be established with each comparison being based on recent data obtained on specimens taken from a lot of fabric to the type being evaluated so as to be as nearly homogeneous as possible, and then randomly assigned in equal numbers to each of the laboratories.

Note: Since the interlaboratory test for resin-bonded nonwoven fabric included

only two laboratories and the spun-bonded and thermal nonwoven fabrics included only four laboratories, estimates of between laboratory precision may be either underestimated or overestimated to a considerable extent and should be used with special caution.

13.5 Bias—The value of air permeability only can be defined in terms of a test method. Within this limitation, this test method has no known bias.

14. Keywords

14.1 air permeability; fabric

