

Evaluasi Debit Dan Tekanan Udara Pada Salah Satu *Exhaust Fan System Di Basement Parking Mall XX*

Azhar Fauzan¹, Andriyanto Setyawan²

¹Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012
E-mail : azhar.fauzan.tptu19@polban.ac.id

²Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012
E-mail : andriyanto@polban.ac.id

ABSTRAK

Basement parking merupakan ruangan tertutup yang digunakan untuk menyimpan kendaraan bermotor seperti di *Mall XX*. Penggunaan *exhaust fan system* pada *basement parking* dapat membantu mempercepat sirkulasi udara dari dalam ruangan menuju ke lingkungan. Penelitian ini dilakukan evaluasi pada *exhaust fan system* yang meliputi debit udara *grille*, tekanan udara saluran *ducting*, dan kinerja *fan*. Keseluruhan *grille* pada perancangan memiliki debit udara dan ukuran yang sama yaitu sebesar 2367 CFM dan 1.150×535 mm serta kapasitas *fan* 31020 CFM. Pehitungan dan plot pada *curva fan* dilakukan menggunakan data hasil pengukuran pada kecepatan udara *grille*, kecepatan udara *louver*, luas penampang *grille*, luas penampang *louver*, dan dimensi *ducting*. Hasil perhitungan debit udara terus mengalami penurunan pada *section* yang semakin jauh dari fan, total debit udara hasil pengukuran 20.320 CFM sedangkan total debit udara pada perancangan 33.138 CFM artinya sistem hanya memenuhi 61% dari debit udara yang dibutuhkan. Kinerja *fan* 86% dari kapasitas maksimalnya, hasil plot *curva fan* menunjukkan tekanan total 313,6 Pa dan hasil perhitungan tekanan saluran *ducting* dengan memperhatikan *friction loss* menggunakan aplikasi *duct sizer* serta karta *equivalent* diameter menunjukkan tekanan total saluran *ducting* terbesar pada saluran 1 sebesar 90,84 Pa yang artinya kapasitas *fan* sudah mencukupi kebutuhan tekanan udara saluran *ducting*.

Kata Kunci

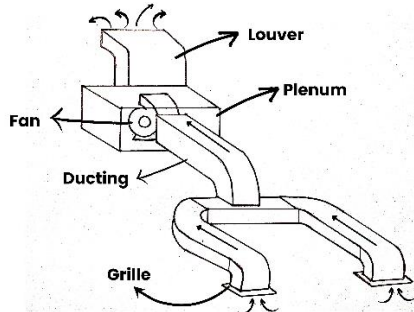
Debit Udara, Tekanan Udara, Grille, Fan, Section

1. PENDAHULUAN

Seperti diketahui bahwa di dalam ruang parkir bawah tanah (*basement parking*) yang merupakan ruangan tertutup, mengandung gas hasil pembakaran yang tidak sempurna dari kendaraan bermotor, sehingga diperlukan sebuah sistem ventilasi mekanik untuk mempercepat pergerakan udara dari dalam ke luar, sehingga dapat mengendalikan tingkat kenyamanan pada ruangan tersebut. Sistem ventilasi mekanik yang digunakan pada *basement parking mall XX* Kota Bandung menggunakan *exhaust fan system* yang menggunakan saluran *ducting* untuk mengalirkan udara dari dalam ruangan ke lingkungan, *supply fresh air* didapatkan dari beberapa pintu masuk yang memiliki ukuran cukup besar sehingga memungkinkan untuk mencukupi kebutuhan udara basement.

Faktor kinerja *fan* dan rugi tekanan atau *friction loss* pada saluran *ducting* merupakan sebuah masalah dalam sistem, sehingga diperlukan evaluasi dengan melakukan perbandingan antara data pada gambar perancangan dan hasil pengukuran terhadap sistem untuk mengetahui faktor-faktor yang menyebabkan kinerja sistem tidak maksimal.

Exhaust Fan System merupakan sebuah sistem ventilasi mekanik menggunakan instalasi *ducting* sebagai saluran udara yang digunakan untuk mengkondisikan udara pada suatu ruangan tertutup dengan cara mempercepat sirkulasi udara dari dalam ruangan ke lingkungan. Gambar 1 merupakan skema *exhaust fan system* yang menunjukkan komponen-komponen sistem.



Gambar 1 Skema Exhaust Fan System
Sistem ini memiliki lima komponen utama yaitu grille, ducting, plenum, fan, dan louver.

2. METODOLOGI

Pada sistem ini menggunakan dua buah fan berjenis sentrifugal dengan tipe dan kapasitas yang sama, disimpan di dalam ruangan yang disebut plenum. Berikut merupakan Tabel 1 yang menunjukkan spesifikasi dari fan dan Gambar 2 merupakan fan yang digunakan pada sistem ini.



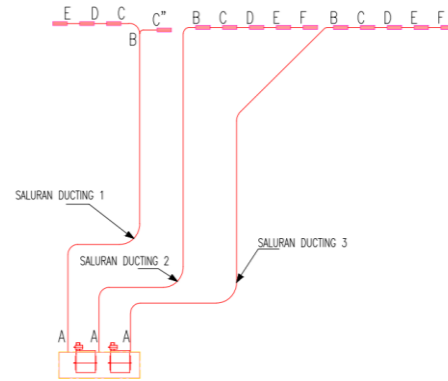
Gambar 2 unit fan

Tabel 1 Spesifikasi Fan

Merek	Vanco
Tipe	VFD-1000
Jenis	Sentrifugal
Kapasitas	31020 CFM
Kecepatan maksimal	310 RPM
Pressure maksimal	153 mmWG
Diameter fan	1000 mm
Power	(15kW) 20HP
Pulley motor	B3-6,5"
Pulley fan	B3-20"
V-Belt	B134

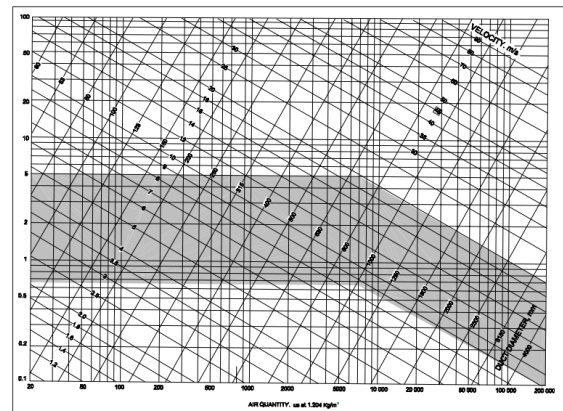
Dalam melakukan evaluasi terhadap sistem ini akan dilakukan metode pengambilan data secara langsung dan tidak langsung. Data yang dibutuhkan antara lain debit udara grille, debit udara louver, luas grille, luas louver, dan kapasitas unit fan. Pengukuran menggunakan anemometer yang merupakan alat ukur kecepatan udara dan roll meter digunakan untuk

mengukur panjang dan lebar ducting. Untuk pengukuran panjang ducting dilakukan pengambilan data dari gambar perancangan yang berupa softfile AutoCAD. Data hasil pengukuran akan digunakan untuk melakukan perhitungan pada penelitian ini. Gambar 3 merupakan Skematik Section Ducting pada sistem ini.



Gambar 3 Skematik Section Ducting

Untuk mengetahui tekanan udara pada saluran ducting dapat dilakukan perhitungan dengan memperhatikan hasil plot diagram friction loss pada Gambar 3 dan hasil plot pada tabel equivalent diameter pada Gambar 4 (SMACNA, 2004). Plot diagram friction loss dapat dilakukan dengan menggunakan parameter kecepatan udara dan diameter ducting.



Gambar 4 Diagram Friction Loss

Gambar 5 Karta Equivalent Diameter

Tujuan dari evaluasi ini untuk mengetahui debit udara aktual dan debit udara perancangan, mengetahui tekanan udara pada saluran *ducting*, dan mengetahui persentase kinerja *fan* dari kapasitas maksimalnya. Hasil pengolahan data digunakan untuk melakukan evaluasi terhadap sistem ini. Pada sistem ini menggunakan 2 *fan*, 14 *grille* yang didesain memiliki debit yang sama sebesar 2367 CFM, 1 *louver* dan 3 saluran *ducting* yang terhubung paralel pada satu *plenum* yang sama. Untuk mengetahui debit udara, tekanan udara, dan persentase kinerja *fan* dapat menggunakan persamaan berikut:

$$Q = A \times V \quad (1)$$

$$P_s = F \times L \quad (2)$$

$$\Delta P = P_s + \left(\frac{\rho V^2}{2} \right) \quad (3)$$

$$\% = \frac{Q_{\text{aktual}}}{Q_{\text{spesifikasi}}} \times 100 \quad (4)$$

Dimana,

Q = debit aliran udara (m³/s)

A = luas penampang (mm²)

V = kecepatan udara (m/s)

P_s = tekanan static saluran (Pa)

F = nilai *friction loss* (Pa/m)

L = panjang *ducting* (m)

ΔP = Tekanan Total (Pa)

ρ = massa jenis (kg/m)

% = persentase kinerja *fan* (%)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran ditunjukkan pada Tabel 2. Dari hasil pengukuran menunjukkan kecepatan udara *grille* ketika semakin menjauh dari unit *fan* semakin mengecil.

Tabel 2 Data Hasil Pengukuran

SALURAN DUCTING 1							
No	DUCTING			GRILLE			V (m/s)
	Section	W (mm)	H (mm)	L (mm)	L (mm)	W (mm)	
1	A - B	1.600	350	98.920	-	-	-
2	B - C	1.500	300	3.602	1.150	535	2,4
3	B - C''	600	300	4.128	1.150	535	2,1
4	C - D	1.050	300	3.914	1.150	535	1,3
5	D - E	600	300	4.107	1.150	535	0,4

SALURAN DUCTING 2							
No	DUCTING			GRILLE			V (m/s)
	Section	W (mm)	H (mm)	L (mm)	L (mm)	W (mm)	
1	A - B	2.000	350	106.600	1.150	535	2,4
2	B - C	1.600	350	4.935	1.150	535	1,4
3	C - D	1.500	300	4.424	1.150	535	0,6
4	D - E	1.050	300	4.608	1.150	535	0,3
5	E - F	600	300	3.433	1.150	535	0

SALURAN DUCTING 3							
No	DUCTING			GRILLE			V (m/s)
	Section	W (mm)	H (mm)	L (mm)	L (mm)	W (mm)	
1	A - B	2.000	350	121.500	1.150	535	2,1
2	B - C	1.600	350	4.683	1.150	535	1,5
3	C - D	1.500	300	4.424	1.150	535	0,8
4	D - E	1.050	300	4.586	1.150	535	0,3
5	E - F	600	300	2.697	1.150	535	0

Hasil pengukuran pada *louver* :

Kecepatan Udara (V) : 10.6 m/s

Panjang (L) : 1750 mm

Lebar (W) : 1360 mm

Data hasil pengukuran pada Tabel 1 diolah menggunakan perhitungan untuk mengetahui debit udara pada *grille*, *ducting*, dan *louver* menggunakan persamaan 1. Perhitungan untuk mengetahui tekanan dilakukan dengan memperhatikan hasil plot pada diagram *friction loss* Gambar 4 dan karta *equivalent diameter* Gambar 5. Pada saluran *ducting* persentase kinerja *fan* akan diolah dengan memperhatikan spesifikasi *fan*. Tabel 3, Tabel 4, dan Tabel 5 menunjukkan hasil perhitungan debit udara.

Tabel 3 Pengolahan Debit Udara *Grille*

SALURAN DUCTING 1							
Section	DATA UKURAN			DATA DEBIT			
	H (mm)	W (mm)	A (m)	V, m/s	Q, m ³ /s	Q, lps	Q, cfm
A - B	1600	350	0,56	6,2	3,472	3472	7354
B - C	1500	300	0,45	4,1	1,845	1845	3908
B - C "	600	300	0,18	2,1	0,38	378	801
C - D	1050	300	0,32	1,7	0,54	535,5	1134
D - E	600	300	0,18	0,4	0,07	72	152
Total Debit Saluran Ducting 1 (CFM)							13349
SALURAN DUCTING 2							
Section	DATA UKURAN			DATA DEBIT			
	H (mm)	W (mm)	A (m)	V, m/s	Q, m ³ /s	Q, lps	Q, cfm
A - B	2000	350	0,7	4,7	3,29	3290	6968
B - C	1600	350	0,56	2,3	1,29	1288	2728
C - D	1500	300	0,45	0,9	0,41	405	858
D - E	1050	300	0,32	0,3	0,09	94,5	200
E - F	600	300	0,18	0	0	0	0
Total Debit Saluran Ducting 2 (CFM)							10754
SALURAN DUCTING 3							
Section	DATA UKURAN			DATA DEBIT			
	H (mm)	W (mm)	A (m)	V, m/s	Q, m ³ /s	Q, lps	Q, cfm
A - B	2000	350	0,7	4,7	3,29	3290	6968
B - C	1600	350	0,56	2,6	1,456	1456	3084
C - D	1500	300	0,45	1,1	0,495	495	1048
D - E	1050	300	0,32	0,3	0,09	94,5	200
E - F	600	300	0,18	0	0	0	0
Total Debit Saluran Ducting 3 (CFM)							11301
Total Debit (CFM)							35403

Tabel 4 Pengolahan Debit Udara *louver*

UKURAN		DEBIT				
L (mm)	W (mm)	A (m ²)	V (m/s)	Q, m ³ /s	Q, lps	Q, cfm
1750	1.360	2,38	10,6	25,23	25.230	53,433
Total (CFM)						53,433

Tabel 5 Pengolahan Debit Udara *Ducting*

SALURAN DUCTING 1							
Section	DATA UKURAN			DATA DEBIT			
	H (mm)	W (mm)	A (m ²)	V, m/s	Q, m ³ /s	Q, lps	Q, cfm
A - B	1600	350	0,56	6,2	3,472	3472	7354
B - C	1500	300	0,45	4,1	1,845	1845	3908
B - C "	600	300	0,18	2,1	0,38	378	801
C - D	1050	300	0,32	1,7	0,54	535,5	1134
D - E	600	300	0,18	0,4	0,07	72	152
Total Debit Saluran Ducting 1 (CFM)							13349
SALURAN DUCTING 2							
Section	DATA UKURAN			DATA DEBIT			
	H (mm)	W (mm)	A (m ²)	V, m/s	Q, m ³ /s	Q, lps	Q, cfm
A - B	2000	350	0,7	4,7	3,29	3290	6968
B - C	1600	350	0,56	2,3	1,29	1288	2728
C - D	1500	300	0,45	0,9	0,41	405	858
D - E	1050	300	0,32	0,3	0,09	94,5	200
E - F	600	300	0,18	0	0	0	0
Total Debit Saluran Ducting 2 (CFM)							10754
SALURAN DUCTING 3							
Section	DATA UKURAN			DATA DEBIT			
	H (mm)	W (mm)	A (m ²)	V, m/s	Q, m ³ /s	Q, lps	Q, cfm
A - B	2000	350	0,7	4,7	3,29	3290	6968
B - C	1600	350	0,56	2,6	1,456	1456	3084
C - D	1500	300	0,45	1,1	0,495	495	1048
D - E	1050	300	0,32	0,3	0,09	94,5	200
E - F	600	300	0,18	0	0	0	0
Total Debit Saluran Ducting 3 (CFM)							11301
Total Debit (CFM)							35403

Untuk menghitung luas penampang *grille* dan *louver* parameter yang digunakan yaitu panjang dan lebar,

sedangkan untuk menghitung luas *ducting* parameter yang digunakan adalah lebar dan tinggi. Konversi ke dalam satuan CFM dapat memudahkan untuk mencari persentase kinerja *fan*, karena pada spesifikasi *fan* menggunakan satuan CFM. Untuk melakukan perhitungan tekanan udara pada saluran *ducting* parameter yang dibutuhkan yaitu panjang dan *friction loss* pada setiap *section ducting*. Untuk mencari nilai *friction loss* dapat melakukan plot pada diagram, parameter yang digunakan yaitu *velocity* dan diameter *ducting*.

Tekanan udara akan diolah menggunakan persamaan 2 dan 3. Tekanan total pada saluran *ducting* yang memiliki nilai terbesar akan dibandingkan dengan tekanan total hasil plot pada *curva fan* pada Gambar 6 untuk mengetahui kemampuan *fan* dalam memenuhi kebutuhan tekanan udara saluran *ducting*. Hasil perhitungan pada saluran *ducting* terdapat pada Tabel 6 berikut.

Tabel 6 Perhitungan Tekanan Udara *Ducting*

SALURAN DUCTING 1								
Section	H (mm)	W (mm)	L (mm)	D (mm)	V, m/s	F, Pa/m	ΔPs (Pa)	ΔP (Pa)
A - B	1600	350	101.920	766	6,2	0,505	51,47	74,53
B - C	1500	300	3.602	681	4,1	0,266	0,96	11,04
B - C "	600	300	4.128	457	2,1	0,125	0,52	3,16
C - D	1050	300	3.914	586	1,7	0,062	0,24	1,98
D - E	600	300	4.107	457	0,4	0,006	0,02	0,12
Tekanan Total Ducting 1								90,84
SALURAN DUCTING 2								
Section	H (mm)	W (mm)	L (m)	D (mm)	V, m/s	F, Pa/m	ΔPs (Pa)	ΔP (Pa)
A - B	2000	350	108.100	840	4,7	0,267	28,86	42,12
B - C	1600	350	4.935	766	2,3	0,078	0,38	3,56
C - D	1500	300	4.424	681	0,9	0,016	0,07	0,56
D - E	1050	300	4.608	586	0,3	0,003	0,01	0,07
E - F	600	300	3.433	457	0	0	0,00	0,00
Tekanan Total Ducting 2								46,30
SALURAN DUCTING 3								
Section	H (mm)	W (mm)	L (m)	D (mm)	V, m/s	F, Pa/m	ΔPs (Pa)	ΔP (Pa)
A - B	2000	350	123.000	840	4,7	0,267	32,84	46,10
B - C	1600	350	4.683	766	2,6	0,098	0,46	4,51
C - D	1500	300	4.424	681	1,1	0,023	0,10	0,83
D - E	1050	300	4.586	586	0,3	0,003	0,01	0,07
E - F	600	300	2.697	457	0	0	0,00	0,00
Tekanan Total Ducting 3								51,51
Total Tekanan Udara Ducting								188,64

Tekanan udara pada *ducting* dapat diketahui dengan melakukan perhitungan menggunakan persamaan 2. Panjang *ducting* pada Tabel 6 sudah termasuk perhitungan *friction loss elbow* dengan menambahkan panjang 1,5 meter untuk elbow 90° dan 0,75 meter untuk elbow 45° sebagai *equivalen* pada *section ducting* yang memiliki elbow menurut *International Code Council (ICC)*

Kinerja *fan* dapat diketahui dari data hasil pengukuran, spesifikasi, dan plot *curva fan pada*

Gambar 6. Data pengukuran yang digunakan merupakan data *louver* karena saluran yang terhubung pada *fan* untuk *louver* tidak terlalu panjang yang memungkinkan *friction loss* pada saluran tidak terlalu besar sehingga lebih efektif jika menggunakan data pengukuran *louver*. Perhitungan merujuk pada Tabel 4 yang menunjukkan hasil pengolahan data *louver* dan pada Tabel 1 merupakan spesifikasi *fan*.

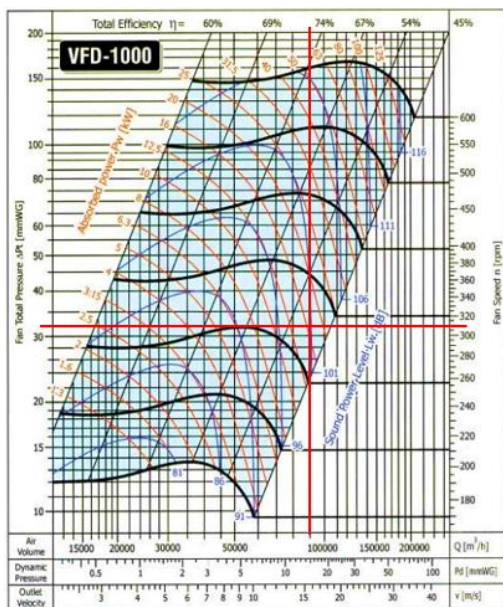
- Perhitungan persentase kinerja *fan* menggunakan persamaan 4.

$$\begin{aligned} \text{Persentase fan (\%)} &= \frac{Q_{\text{aktual}}}{Q_{\text{spesifikasi}}} \times 100 \\ &= \frac{53433}{62040} \times 100 \\ &= 86\% \end{aligned}$$

- Plot pada *curva fan*
 $Q = 25,23 \text{ m}^3/\text{s}$
 $v = 310 \text{ RPM}$

Sebelum melakukan plot pada *curva fan* debit udara harus dikonversi kedalam satuan m^3/h .

$$\begin{aligned} Q &= Q, \text{m}^3/\text{s} \times 3600 \\ Q &= 25,23 \times 3600 \\ Q &= 90.821 \text{ m}^3/\text{h} \end{aligned}$$



Gambar 6 Plot *Curva Fan*

Setiap *fan* memiliki *curva* yang berbeda-beda, yang digunakan merupakan *curva* untuk van merek VANCO tipe VFD-1000 (sentrifugal) yang digunakan pada sistem ini.

Berdasarkan hasil plot pada *curva fan*, didapatkan hasil berikut:

Tekanan total <i>fan</i>	: 32 mmWG
Daya <i>fan</i>	: 16 kW
Efisiensi	: 73%
Kebisingan	: 105 Db

Konversi satuan hasil plot *curva fan*:

$$\begin{aligned} P &= \rho \cdot g \cdot h \\ 32 \text{ mmWG} &= (32 \times 10^{-3}) \times 1000 \times 9,8 \\ &= 0,032 \times 1000 \times 9,8 \\ &= 313,6 \text{ Pa} \end{aligned}$$

Untuk perbandingan kapasitas tekanan udara hasil perhitungan akan menggunakan saluran *ducting* yang memiliki tekanan udara yang paling tinggi yaitu pada saluran *ducting* 1 dengan nilai tekanan udara total 90,84 Pa.

Berdasarkan hasil perbandingan di atas tekanan udara menurut hasil plot yaitu sebesar 313,6 Pa, sedangkan tekanan udara hasil perhitungan sebesar 90,84 Pa. Dengan hasil tersebut dapat diartikan bahwa kapasitas unit sudah memenuhi kebutuhan tekanan udara saluran *ducting*.

Perbandingan debit udara pada Tabel 7 dilakukan untuk mengetahui nilai debit udara yang dihisap oleh *grille* dari hasil pengukuran dan perancangan, sehingga diketahui seberapa besar selisih antara keduanya.

Tabel 7 Perbandingan Debit Udara

DATA DEBIT UDARA GRILLE			
Saluran	Section	Pengukuran (CFM)	Perancangan (CFM)
DUCTING 1	B - C	3.127	2.367
	B - C "	2.737	2.367
	C - D	1.694	2.367
	D - E	521	2.367
DUCTING 2	A - B	3.127	2.367
	B - C	1.824	2.367
	C - D	782	2.367
	D - E	391	2.367
DUCTING 3	E - F	0	2.367
	A - B	2.737	2.367
	B - C	1.955	2.367
	C - D	1.042	2.367
	D - E	391	2.367
	E - F	0	2.367
Total		20.328	33.138

Dari Tabel 7 menunjukkan total debit udara *grille* pada hasil pengukuran 20.328 CFM sedangkan total debit udara pada perancangan 33.138 CFM. Dengan hasil tersebut menunjukkan selisih antara keduanya sebesar 12.810 CFM, yang artinya debit udara hasil pengukuran hanya memenuhi sekitar 61% debit udara yang dibutuhkan. Hal ini dapat disebabkan oleh *volume damper* pada *ducting* tidak terbuka sempurna, debu yang menumpuk pada saluran *ducting*, dan kebocoran pada saluran *ducting*.

4. KESIMPULAN

Hasil dari pengolahan data evaluasi exhaust fan system dapat disimpulkan bahwa debit udara untuk semua *grille* pada perancangan memiliki nilai yang sama 2367 CFM, sedangkan hasil pengukuran debit udara *grille* memiliki nilai yang berbeda-beda. Pada *grille* di *section* awal memiliki nilai debit udara melebihi dari perancangan, namun pada *section* selanjutnya cenderung mengalami penurunan hingga kurang dari nilai debit pada perancangan. Hasil pengukuran debit udara pada *louver* menunjukkan bahwa kinerja *fan* sebesar 86% dari kapasitas maksimalnya. Tekanan udara pada sistem yang didapatkan dari hasil plot *curva fan* sebesar 313,6 Pa dan hasil pengukuran menunjukkan nilai terbesar pada saluran *ducting* 1 sebesar 90,84 Pa, artinya kapasitas *fan* sudah cukup untuk memenuhi tekanan udara yang dibutuhkan saluran *ducting*. *Grille* pada sistem ini berjumlah 14 buah dengan total debit udara yang dibutuhkan pada perancangan sebesar 33.138 CFM dan total debit udara dari hasil pengukuran sebesar 20.328 CFM, artinya debit udara yang

dihasilkan dari sistem ini hanya memenuhi 61% dari kebutuhan debit udara pada perancangan.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abdillah, N. (2009). *Kajian Ulang Sistem Ventilasi pada Underground Car Park Gedung Perkantoran Menggunakan Program FLOVENT*. Depok: Universitas Indonesia.
- [2] ASHRAE, C. T. (2013). *Handbook Fundamentals (SI) Chapter 21 : Duct Design*. Atlanta: ASHRAE.
- [3] ASHRAE, T. C. (2005). *ASHRAE Handbook Fundamental*. New York: ASHRAE.
- [4] SMACNA, S. M. (2004). *HVAC System Duct Design* (4 ed.). Virginia: SMACNA.
- [5] Sugarman, S. C. (2014). *Testing and Balancing HVAC Air and Water System* (5 ed.). Lilburn: The Fairmont Press. Inc.