

Rancang Bangun *Mini Prototype* Sistem Ruang Bertekanan

Doni Candra^{1,*}, Sumeru², Susilawati³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012
Email : ^{1,*}doni.candra.tptu20@polban.ac.id; ²sumeru@polban.ac.id; ³susilawati@polban.ac.id

ABSTRAK

Sistem ruangan bertekanan bertujuan untuk menciptakan beda tekanan antar ruangan sesuai dengan kebutuhan pada ruangan tersebut. Pengaturan tekanan ruangan ini sangat diperlukan untuk menjaga kualitas udara di dalam ruangan terutama dalam konteks kesehatan dan keamanan. Pada penelitian ini perbedaan tekanan pada ruangan dilakukan sesuai dengan kebutuhan ruangan yang diinginkan dengan cara memvariasikan bukaan *dampers supply* dan *exhaust*. Untuk mengetahui perbedaan tekanan pada ruangan maka dibuat *prototype* sistem ruangan bertekanan dengan dimensi 80 cm x 60 cm x 60 cm dengan memiliki 4 ruangan yang dilengkapi *ducting supply* dan *ducting exhaust*. Sistem yang dirancang menggunakan *fan supply* dan *fan exhaust* yang berkapasitas 25 CFM dengan lima variasi bukaan *dampers supply:exhaust* berturut-turut 100%:0%, 100%50%, 100%:100%, 50%:100%, dan 0%:100%. Penelitian dilakukan selama 30 menit setiap variasi dengan tempo pengambilan data per tiga menit sekali dan diperoleh hasil pada variasi pertama, yaitu ruangan A sebesar 12 Pa, ruangan B sebesar 8 Pa, ruangan C sebesar 8 Pa, dan ruangan D sebesar 2 Pa. Hasil pada variasi kedua, yaitu ruangan A sebesar 9 Pa, ruangan B sebesar 5 Pa, ruangan C sebesar 5 Pa, dan ruangan D sebesar -11 Pa. Hasil pada variasi ketiga, yaitu ruangan A sebesar 8 Pa, ruangan B sebesar 4 Pa, ruangan C sebesar 4 Pa, dan ruangan D sebesar -11 Pa. Hasil variasi keempat, yaitu ruangan A sebesar 4 Pa, ruangan B sebesar 1 Pa, ruangan C sebesar 1 Pa, dan ruangan D sebesar -12 Pa. Terakhir, hasil variasi kelima yaitu ruangan A sebesar -7 Pa, ruangan B sebesar -8 Pa, ruangan C sebesar -8 Pa, dan ruangan D sebesar -16 Pa.

Kata Kunci

Sistem ruangan bertekanan, tekanan negatif, tekanan positif, bukaan dampers

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan akan sistem tata udara semakin banyak diperlukan dalam berbagai aspek kehidupan, tidak hanya digunakan untuk kenyamanan udara saja akan tetapi untuk keamanan serta kesehatan juga sistem tata udara sangat diperlukan. Sistem tata udara merupakan suatu proses pengendalian udara berkelanjutan terhadap temperatur udara, kelembaban udara, kebersihan udara, kualitas udara, tekanan udara di dalam ruangan, pendistribusian udara secara merata ke setiap ruangan sesuai dengan kebutuhan dan kondisi yang diinginkan.[6]

Sistem ruangan bertekanan bertujuan untuk menciptakan beda tekanan antar ruangan sesuai dengan kebutuhan pada ruangan tersebut[9]. Ruangan bertekanan positif berfungsi untuk menjaga udara didalam ruangan tetap bersih dan mencegah udara diluar ruangan masuk ke dalam ruangan. Sedangkan ruangan bertekanan negatif berfungsi untuk mencegah udara kotor yang ada di dalam ruangan keluar dari dalam ruangan, dalam hal ini udara langsung dikeluarkan melalui *exhaust air*. Pengaturan tekanan ruangan ini sangat diperlukan untuk menjaga kualitas udara di dalam ruangan terutama dalam konteks kesehatan dan keamanan.

Seperti pada rumah sakit, industri farmasi, dan laboratorium penelitian diperlukan adanya pengaturan tekanan pada ruangan yang bertujuan untuk menjaga kualitas udara pada ruangan dan mencegah terjadinya kontaminasi silang udara pada ruangan tersebut. Pada rumah sakit terdapat ruang operasi dimana ruangan tersebut kualitas udaranya harus di jaga agar tetap steril. Pada kondisi tersebut ruangan harus bertekanan positif

dan tekanan udara pada ruangan tersebut harus lebih besar dari tekanan udara ruangan lainnya. Supaya udara dari luar ruangan tidak bisa masuk ke dalam ruangan. Pada laboratorium penelitian terdapat zat-zat kimia yang berbahaya sehingga pada kondisi ini ruangan harus bertekanan negatif untuk mencegah udara di dalam ruangan tersebut keluar dari ruangan dan membahayakan penghuni di sekitar ruangan tersebut. Udara keluar harus lebih banyak dari udara *supply*.

Pada penelitian ini penulis akan membahas mengenai “**Rancang Bangun Mini Prototype Sistem Ruang Bertekanan**” dengan tujuan untuk merancang bangun suatu *prototype* ruangan yang memiliki perbedaan tekanan pada setiap ruangnya.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Sistem Ruang Bertekanan

Ruangan bertekanan merupakan keadaan dimana suatu ruangan yang sengaja dibuat memiliki tekanan udara baik itu bertekanan positif maupun bertekanan negatif. Ruangan bertekanan positif biasanya dirancang dengan menambahkan udara luar atau *supply air* ke dalam ruangan, sedangkan ruangan bertekanan negatif dirancang dengan membuang atau menghisap udara keluar atau menghisap udara yang berada di dalam ruangan secara terus menerus. Ruangan bertekanan dapat di buat dengan sistem resirkulasi dan juga *full fresh air* sistem, tergantung pada kebutuhan serta fungsi dari ruangan tersebut [9].

2.2 Ruang Bertekanan Positif

Ruangan bertekanan positif merupakan suatu keadaan dimana tekanan udara di dalam ruangan lebih besar daripada tekanan udara di luar ruangan. Tekanan positif digunakan untuk mencegah udara luar untuk masuk ke dalam ruangan [5]. Tekanan

positif dapat digunakan untuk mencapai kontrol yang lebih baik terhadap kondisi udara dalam ruangan. Beberapa tujuan dari ruangan bertekanan positif diantaranya yaitu:

- a. Udara luar tidak masuk ke dalam ruangan.
- b. Menjaga kebersihan ruangan dan menjaga kualitas udara di dalam ruangan.
- c. Masuknya udara ke dalam ruangan hanya melalui saluran yang telah disediakan.
- d. Perbedaan tekanan antara di dalam dan di luar ruangan yaitu sebesar 10 Pa – 30 Pa.[8]
- e. Debit udara *supply* lebih besar dari debit udara *exhaust*.

2.3 Ruang Bertekanan Negatif

Ruangan bertekanan negatif merupakan suatu keadaan dimana tekanan udara di dalam ruangan lebih kecil daripada tekanan udara di luar ruangan [7]. Tujuan penggunaan tekanan negatif adalah untuk mencegah udara yang ada di dalam ruangan keluar. Tekanan negatif biasanya digunakan ketika ruangan berisi sumber polusi udara. Dalam hal ini, partikel berbahaya yang terdapat di dalam ruangan diarahkan ke sistem pembuangan sehingga tidak dapat menyebar ke ruangan lainnya, karena tekanan negatif menjebak atau mengisolasi udara di sebuah ruangan, *pathogen* ditangkap lebih efektif oleh pemurnian udara dan sistem pembuangan. Tujuan dari ruangan bertekanan negatif diantaranya yaitu sebagai berikut:

- a. Udara di dalam ruangan tidak keluar ruangan.
- b. Di dalam ruangan terdapat zat-zat berbahaya atau pasien dengan penyakit menular secara *airborn*.
- c. Udara di luar ruangan cenderung terhisap ke dalam ruangan.
- d. Keluarnya udara di dalam ruangan hanya melalui saluran udara yang telah disediakan.
- e. Perbedaan tekanan udara antara di dalam ruangan dan diluar ruangan yaitu sebesar 10 Pa – 30 Pa.[8]
- f. Debit udara *exhaust* lebih besar dari debit udara *supply*.

2.4 Air Change Hour

Air Change Hour atau biasa disebut perubahan udara per jam atau laju pertukaran udara merupakan pergantian udara pada suatu ruangan dalam hitungan setiap jam. Nilai pergantian udara per jam semakin tinggi tergantung pada kekotoran udara pada suatu ruangan. Semakin tinggi nilai ACH, maka memerlukan debit udara *supply* yang lebih banyak. Berdasarkan *American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE)* (2011) merekomendasikan pergantian udara per jam (ACH) untuk lingkungan yang baik dan sehat [3]

Tabel 1 Nilai ACH

Ruangan	ACH
Kantor	8 – 10
Laboratorium	6 – 12
Ruang Kelas	3 – 4
Auditorium Umum	12 – 14

2.5 Ducting

Ducting merupakan suatu material yang berfungsi untuk mendistribusikan udara ke suatu ruangan dengan mempertimbangkan tujuan akhir tersebut menjadi bagian beban terhadap dimensi atau

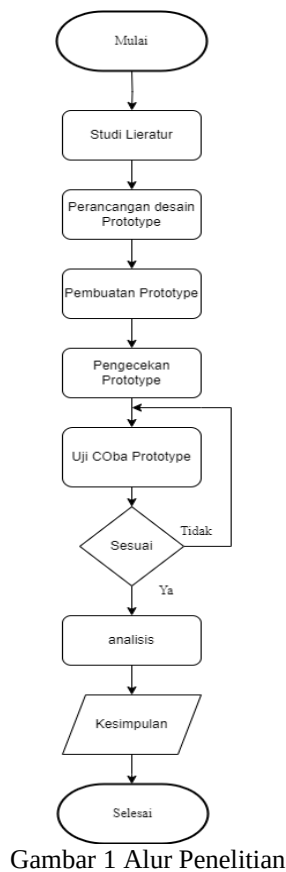
diameter media penyalur pada sepanjang jalur sampai akhir beban tersebut keluar dari media penyalurnya. Ada beberapa macam *ducting* berdasarkan dari fungsinya yaitu, *ducting* yang berfungsi sebagai udara *supply* dari udara dingin ke dalam suatu ruangan yang akan dikondisikan (*supply air*), *ducting* yang berfungsi sebagai udara *supply* dari udara luar ruangan ke dalam suatu ruangan (*fresh air*), kemudian *ducting* yang berfungsi untuk membuang udara dari dalam ruangan ke luar ruangan (*exhaust air*).

2.6 Fan

Fan merupakan suatu material yang berfungsi untuk memindahkan udara atau gas melalui saluran udara yang biasa disebut (*ducting*). Selain itu, *fan* juga digunakan sebagai pemasok udara dalam suatu proses pengeringan, pemindahan bahan tersuspensi di dalam aliran gas, pembuangan asap, menara pendingin, pembuangan debu, pengeringan, pendinginan proses industrial, ventilasi ruangan, dan aplikasi sistem beraliran tinggi yang membutuhkan udara bertekanan lainnya. *Fan* merupakan suatu material yang dapat menyebabkan aliran suatu fluida gas dengan cara menciptakan sebuah beda tekanan yang melalui pertukaran momentum dari bilah *fan* ke partikel fluida gas. *Impeller fan* dapat mengubah energi mekanik *rotational* menjadi energi kinetik ataupun tekanan dalam fluida gas. Pembagian energi mekanik menjadi energi kinetik dan tekanan yang diciptakan serta efisiensi energi bergantung pada jenis *impeller fan* yang dirancang.

3. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode rancang bangun dengan membuat *prototype* untuk diuji. Dalam melakukan perancangan sistem diperlukan perhitungan perbedaan tekanan sebagai acuan dalam pemilihan alat yang akan digunakan pada sistem. Langkah-langkah penulis untuk merancang dan membangun *mini prototype* sistem ruangan bertekanan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Alur Penelitian

3.1 Data Perancangan Beda Tekanan Ruang Pada Prototype

Pada pembuatan *prototype* sistem ruangan bertekanan diperlukan adanya data perancangan tekanan ruangan terlebih dahulu sebagai acuan dalam pembuatan *prototype*. Berikut merupakan data perancngan tekanan ruangan pada *prototype* berdasarkan standar yang akan dibuat dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Rancangan Tekanan Ruang Pada Prototype

No	Ruangan	Tekanan (Pa)
1	A	10
2	B	5
3	C	5
4	D	-10

3.2 Volume Ruang

Pada pembuatan *prototype* ini dirancang dengan 4 ruangan. Ruangan tersebut nantinya yang akan diberi udara *supply* dan udara keluar untuk menjaga perbedaan tekanan udara pada setiap ruangnya. Dimensi ukuran setiap ruangan pada *prototype* yang dibuat berbeda-beda, untuk volume setiap ruangan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$V = P \times L \times T \quad (1)$$

Keterangan: V = Volume ruangan (m^3)
 P = Panjang ruangan (m)
 L = Lebar ruangan (m)
 T = Tinggi ruangan (m)

Tabel III. 1 Dimensi Ukuran *Prototype*
 Tabel 2 menunjukkan dimensi ukuran dan volume setiap ruangan pada *prototype* yang akan dibuat.

3.3 Air Change Hour

Setelah menentukan dimensi dan volume setiap ruangan, selanjutnya menentukan nilai *Air Change Hour* (ACH). Nilai ACH untuk *prototype* yang dibuat yaitu sebesar 12. Artinya dalam satu jam terjadi 12 kali pergantian udara.

3.4 Perhitungan Air Flow Supply

Selanjutnya setelah menentukan nilai ACH, dilakukan perhitungan *air flow* udara *supply*. Berikut merupakan persamaan untuk mencari *air flow* udara *supply* pada setiap ruangan.

$$Q_s = ACH \times V \quad (2)$$

Keterangan Q_s =
 n : *Air Flow Supply* (m^3)
 ACH = *Air Change per Hour* (h)
 V =
Volume Ruang (m)

1. *Air flow supply* ruangan A

$$Q_s = 12 \times 0,108$$

$$= 1,296 \, m^3/h$$

$$= 0,77 \, CFM$$

2. *Air flow supply* ruangan B

$$Q_s = 12 \times 0,036$$

$$= 0,432 \, m^3/h$$

$$= 0,25 \, CFM$$

3. *Air flow supply* ruangan C

$$Q_s = 12 \times 0,036$$

$$= 0,432 \, m^3/h$$

$$= 0,25 \, CFM$$

4. *Air flow supply* ruangan D

$$Q_s = 12 \times 0,108$$

$$= 1,296 \, m^3/h$$

$$= 0,77 \, CFM$$

3.5 Area Kebocoran

Untuk menghitung debit *exhaust*, perlu diperhatikan adanya area kebocoran yang akan berpengaruh terhadap tekanan pada ruangan. Untuk menghitung area kebocoran diperlukan data luas dan nilai faktor yang dapat ditemukan pada buku (997 ASHRAE Handbook Preface, n.d.) [1]

Tabel 3 Area Kebocoran

No	Keterangan	Luas (m^2)	Nilai Faktor (cm^2/m^2)	Area Kebocoran (cm^2)
1	Dinding	1,68	0,5	0,84
2	Atap	0,48	0,79	0,3792
Total				1,2192
Safety Factor (15%)				1,40208
Leakage Area (m^2)				0,00015 m^2

3.6 Perhitungan Perbedaan Air Flow Supply dan Exhaust

Untuk mengetahui debit udara *exhaust* diperlukan perbedaan debit *supply* dan *exhaust*.

$$Q = A \times \alpha \sqrt{\Delta P} \quad (3)$$

Keterangan Q =
 an: $Air\ Volume\ (m^3/s)$
 A = Luas Kebocoran (m^2)
 α =
 $Coefficient\ of\ Discharge\ (C)$
 ΔP =
 $Pressure\ Differential\ (Pa)$

Tabel 4 Dimensi Ruang *Prototype*

- Perbedaan *Air flow* Ruang A dan D

$$Q = 0,00015 \times 0,85 \sqrt{10}$$

$$Q = 0,0004\ m^3/s$$

$$Q = 0,85\ CFM$$

- Perbedaan *Air flow* Ruang B dan C

$$Q = 0,00015 \times 0,85 \sqrt{5}$$

$$Q = 0,0003\ m^3/s$$

$$Q = 0,66\ CFM$$

3.7 Perhitungan Debit Udara Exhaust

Debit udara *exhaust* dapat dicari dengan menjumlahkan perbedaan tekanan dengan debit *supply*. Berikut merupakan persamaan untuk mencari debit *exhaust*.

$$Air\ flow\ exhaust = air\ flow\ supply + \Delta\ Air\ flow \tag{4}$$

- Air flow exhaust* ruangan A
 $Air\ flow\ exhaust = 0,77 + 0,85$
 $= 1,62\ CFM$
- Air flow exhaust* ruangan B
 $Air\ flow\ exhaust = 0,25 + 0,66$
 $= 0,91\ CFM$
- Air flow exhaust* ruangan C
 $Air\ flow\ exhaust = 0,25 + 0,66$
 $= 1,62\ CFM$
- Air flow exhaust* ruangan D
 $Air\ flow\ exhaust = 0,77 + 0,85$
 $= 0,91\ CFM$

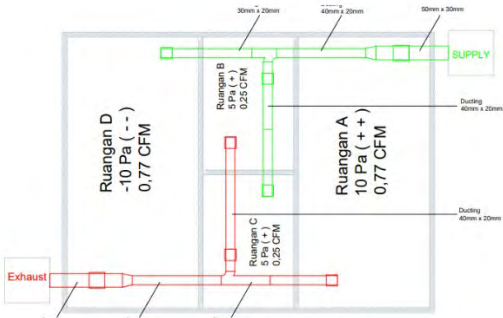
3.8 Seleksi Unit Fan

Selanjutnya yaitu menentukan *fan supply* dan *fan exhaust* yang akan digunakan pada *prototype*. Unit yang dipilih berdasarkan kebutuhan udara *supply* dan kebutuhan udara *exhaust*. Berikut merupakan unit *fan* yang akan digunakan.

Spesifikasi <i>fan</i> :	
<i>Dimension</i>	: 80 mm x 80 mm x12 mm
<i>Compatible Voltage</i>	: 12 Volt DC
<i>Input Power</i>	: 6A
<i>Speed</i>	: 2100 RPM
<i>Max. Air flow</i>	: 25 CFM

3.9 Rancangan Gambar *Prototype*

Rancangan gambar merupakan aspek penting dalam membuat rancangan suatu sistem atau alat, karena hal ini dapat memvisualisasikan bentuk dan dimensi dari sistem yang akan dibuat. Disamping itu gambar sistem juga akan mempermudah dan mempercepat pekerjaan. Selain itu gambar sistem merupakan acuan dalam membuat sistem tersebut. Berikut merupakan gambar sistem yang sudah dirancang.



Gambar 2 Perancangan Ruang dan Ducting

3.10Proses Pembuatan *Prototype*

Proses pembuatan *prototype* dilakukan melalui beberapa tahap, berikut merupakan tahapan dalam pembuatan *prototype*.

- Tahapan pertama dalam pembuatan *prototype* ini yaitu membuat gambar rancangan *prototype*.
- Tahapan berikutnya yaitu menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan dalam pembuatan *prototype*. Pada tahap ini perlu dilakukan perencanaan yang baik terkait alat dan bahan yang diperlukan.
- Tahapan berikutnya setelah menyiapkan alat dan bahan adalah melakukan pengukuran pada bahan. Bahan yang digunakan pada pembuatan *prototype* ini adalah dengan menggunakan akrilik dengan ketebalan 3 mm. Akrilik di ukur sesuai dengan data dan gambar perancangan.
- Tahapan berikutnya yaitu melakukan pemotongan bahan yang sudah diukur sebelumnya. Bahan dipotong sesuai dengan ukuran untuk berikutnya dilakukan pembuatan bagian-bagian pada *prototype*. Bahan dipotong menggunakan *cutter* khusus untuk pemotong akrilik. Bagian-bagian tersebut meliputi lantai, dinding, dan atap.
- Tahapan berikutnya yaitu pembuatan bagian-bagian alat yang sudah diukur sebelumnya. Bahan digabungkan dengan menggunakan lem sehingga bagian pada alat dapat berdiri dengan kokoh.

Setelah dilakukan pembuatan bagian-bagian pada alat maka tahapan berikutnya yaitu menggabungkan seluruh bagian alat atau disebut *assembly* sehingga dapat menjadi sistem *prototype* yang sempurna.

3.11Proses Instalasi Ducting

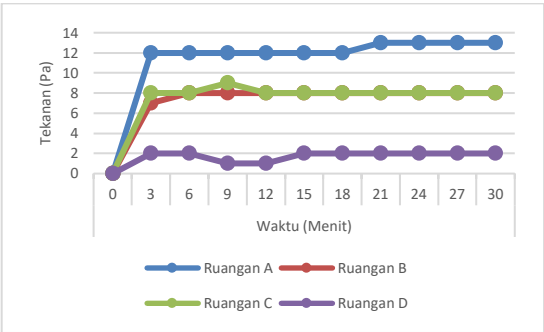
Instalasi ducting merupakan jalur utama untuk mendistribusikan udara pada *prototype*. Pada *prototype* yang dibuat terdapat dua jalur *ducting* yaitu *ducting supply* dan *ducting exhaust*. Proses *instalasi ducting* dilakukan melalui beberapa tahapan di antaranya yaitu:

- Membuat gambar rancangan untuk jalur *ducting supply* dan jalur *ducting exhaust*.
- Setelah membuat gambar rancangan, tahapan selanjutnya yaitu menyiapkan alat dan bahan sesuai dengan kebutuhan.
- Selanjutnya yaitu mengukur dan memotong bahan sesuai dengan ukuran pada rancangan.
- Kemudian lakukan *instalasi ducting* yang telah dipotong sesuai dengan kebutuhan. Bagian-bagian *ducting* dihubungkan dengan menggunakan lem.

e. Selanjutnya *ducting* dilapisi dengan *duct tape*. Setelah semua *installasi ducting* selesai, periksa kembali setiap bagian untuk mencegah adanya kebocoran pada setiap bagian *ducting*.

4. HASIL DAN ANALISA

4.1 Analisis Grafik Tekanan Terhadap Waktu Bukaannya Supply 100% Exhaust 0%

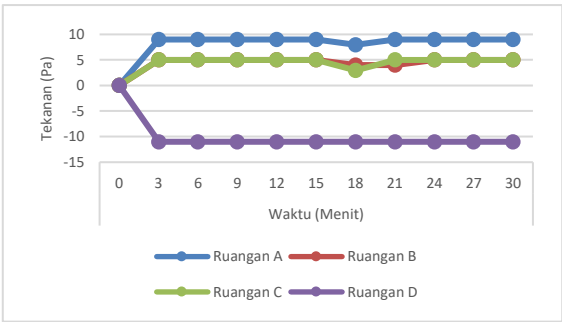


Gambar 3 Grafik Tekanan Terhadap Waktu Bukaannya Supply 100% Exhaust 0%

Berdasarkan Gambar 3 dapat dilihat bahwa tekanan pada ruangan A dari menit ke- 3 sampai menit ke- 18 konstan sebesar 12 Pa dan tekanan mengalami kenaikan pada menit ke- 21 sebesar 13 Pa dan konstan sampai menit ke 30. Pada ruangan B tekanan ruangan di menit ke- 3 yaitu sebesar 7 Pa dan pada menit ke- 6 sampai menit ke- 30 tekanan ruangan konstan sebesar 8 Pa. Pada ruangan C tekanan ruangan pada menit ke- 3 dan menit ke- 6 sebesar 8 Pa, di menit ke- 9 tekanan ruangan naik sebesar 9 Pa dan di menit ke- 12 sampai menit ke- 30 tekanan ruangan turun kembali dan konstan sebesar 8 Pa. Pada ruangan D tekanan ruangan pada menit ke- 3 dan menit ke- 6 sebesar 2 Pa, di menit ke- 9 dan menit ke- 12 tekanan ruangan turun menjadi sebesar 1 Pa, dan pada menit ke- 15 tekanan ruangan kembali naik menjadi sebesar 2 Pa dan konstan sampai menit ke- 30.

Pada grafik terlihat bahwa ruangan A, B, C, dan ruangan D memiliki tekanan positif. Hal ini dikarenakan *damper* udara *supply* dibuka 100% dan *damper* udara *exhaust* 0% sehingga udara *supply* sepenuhnya masuk ke dalam ruangan dan tidak ada udara yang dihisap keluar dari ruangan. Dimana tekanan pada ruangan A lebih besar dari ruangan B dan C, hal ini dikarenakan pada ruangan A ukuran *ducting supply* lebih besar dari *ducting exhaust* sehingga debit udara yang masuk ke dalam ruangan lebih besar. Tekanan pada ruangan B dan C memiliki tekanan yang cenderung sama dikarenakan ukuran *ducting supply* dan *exhaust* pada ruangan B dan C sama. Sedangkan tekanan pada ruangan D lebih dikarenakan ukuran *ducting exhaust* pada ruangan D lebih besar dan ukuran *ducting supply* lebih kecil dari ruangan A, B, dan C.

4.2 Analisis Grafik Tekanan Terhadap Waktu Bukaannya Supply 100% Exhaust 50%

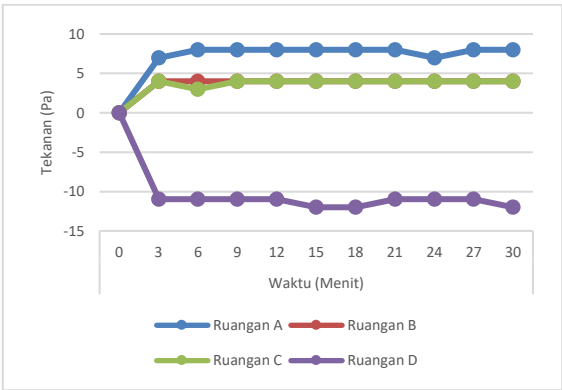


Gambar 4 Grafik Tekanan Terhadap Waktu Supply 100% Exhaust 50%

Berdasarkan Gambar 4 dalam keadaan bukaan *damper supply* 100% dan bukaan *damper exhaust* 50% dapat dilihat tekanan pada ruangan A konstan sebesar 9 Pa, dan mengalami penurunan pada menit ke- 18 menjadi sebesar 8 Pa dan kembali konstan di menit ke- 21 sebesar 9 Pa. Pada ruangan B dari menit ke-3 sampai menit ke-15 nilai tekanan ruangan konstan sebesar 5 Pa dan mengalami penurunan pada menit ke-18 menjadi sebesar 3 Pa, kemudian kembali konstan pada menit ke- 21 sebesar 5 Pa. Pada ruangan C dari menit ke- 3 sampai menit ke- 15 tekanan ruangan konstan sebesar 5, dan mengalami penurunan tekanan pada menit ke- 18 sampai menit ke- 21 menjadi sebesar 4 Pa, kemudian kembali konstan pada menit ke- 24 sebesar 5 Pa. Pada ruangan D nilai tekanan konstan di sebesar -11 Pa.

Pada grafik terlihat bahwa ruangan A, B, dan C memiliki tekanan positif hal ini dikarenakan udara *supply* yang masuk ke dalam ruangan lebih besar dibandingkan udara *exhaust*. Sedangkan ruangan D memiliki tekanan negatif hal ini dikarenakan pada ruangan D udara *exhaust* lebih besar dibandingkan udara *supply* yang masuk ke dalam ruangan.

4.3 Analisis Grafik Tekanan Terhadap Waktu Bukaannya Supply 100% Exhaust 100%



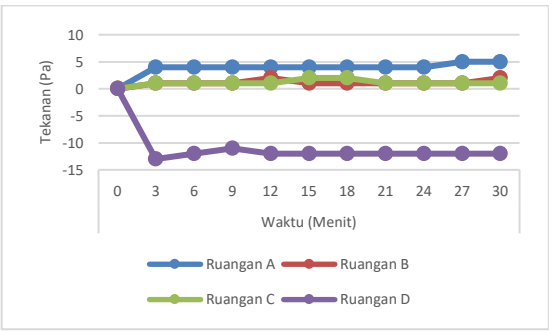
Gambar 5 Grafik Tekanan Terhadap Waktu Bukaannya Supply 100% Exhaust 100%

Berdasarkan Gambar 5 dapat dilihat bahwa tekanan pada ruangan A cenderung konstan dengan tekanan sebesar 8 Pa, hanya mengalami sedikit kenaikan dan penurunan. Pada ruangan B tekanan ruangan konstan sebesar 4 Pa. Tekanan pada ruangan C cenderung konstan dengan tekanan sebesar 4 Pa, hanya mengalami sedikit penurunan. Tekanan pada ruangan D cenderung konstan

dengan tekanan sebesar -11 Pa, hanya mengalami sedikit penurunan.

Pada grafik terlihat bahwa ruangan A, B, dan C bertekanan positif, hal ini dikarenakan debit udara *supply* yang masuk ke dalam ruangan lebih besar dari debit udara *exhaust*. Sedangkan ruangan D bertekanan negatif, hal ini dikarenakan debit udara *exhaust* lebih besar dari debit udara *supply*.

4.4 Analisis Grafik Tekanan Terhadap Waktu Bukaannya Supply 50% Exhaust 100%

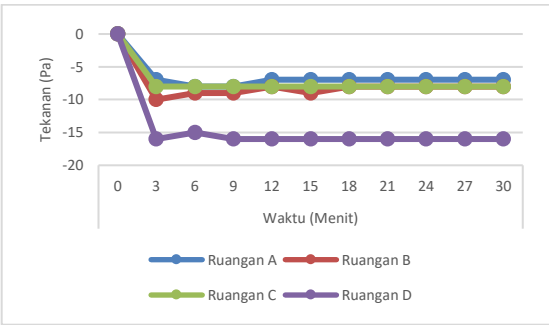


Gambar 6 Grafik Tekanan Terhadap Waktu Bukaannya Supply 50% Exhaust 100%

Berdasarkan Gambar 6 dapat dilihat bahwa tekanan pada ruangan A cenderung konstan dengan tekanan sebesar 4 Pa, hanya mengalami sedikit kenaikan. Tekanan pada ruangan B cenderung konstan dengan tekanan sebesar 1 Pa, hanya mengalami sedikit kenaikan. Tekanan pada ruangan C cenderung konstan dengan tekanan sebesar 1 Pa, hanya mengalami sedikit kenaikan. Tekanan pada ruangan D cenderung konstan dengan tekanan sebesar -12 Pa, hanya mengalami sedikit kenaikan dan penurunan.

Pada grafik terlihat bahwa ruangan A, B, dan C bertekanan positif, hal ini dikarenakan debit udara *supply* yang masuk ke dalam ruangan lebih besar dari debit udara *exhaust*. Sedangkan pada ruangan D bertekanan negatif, hal ini dikarenakan debit udara *exhaust* lebih besar dari debit udara *supply*.

4.5 Analisis Grafik Tekanan Terhadap Waktu Bukaannya Supply 0% Exhaust 100%



Gambar 7 Grafik Tekanan Terhadap Waktu Bukaannya Supply 0% Exhaust 100%

Berdasarkan Gambar 7 dapat dilihat bahwa tekanan pada ruangan A cenderung konstan dengan tekanan sebesar -7 Pa, hanya mengalami sedikit penurunan. Tekanan pada ruangan B cenderung konstan dengan tekanan sebesar -8 Pa, hanya mengalami sedikit penurunan dan kenaikan.

Tekanan pada ruangan C konstan dengan tekanan sebesar 8 Pa. Tekanan pada ruangan D cenderung konstan dengan tekanan sebesar -16 Pa hanya mengalami sedikit kenaikan.

Pada grafik terlihat bahwa ruangan A, B, C, dan D bertekanan negatif. Hal ini dikarenakan debit udara *exhaust* pada ruangan lebih besar dari debit udara *supply*. Dimana bukaan *damper exhaust* sebesar 100% dan bukaan *damper supply* sebesar 0% sehingga udara yang dihisap lebih banyak dan tidak ada udara *supply* yang masuk ke dalam ruangan.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil rancang bangun yang dilakukan pada Tugas Akhir ini, dapat disimpulkan:

1. Sistem yang telah dirancang beroperasi dengan baik, terbukti pada data yang diperoleh dari hasil pengujian sistem mendekati data perancangan.
2. Berdasarkan hasil pengujian sistem diperoleh beda tekanan ruangan dengan variasi bukaan *damper supply* dan *exhaust* sebagai berikut:
 - a. Bukaannya *damper supply* 100% dan *exhaust* 0% ruangan A sebesar 12 Pa, ruangan B sebesar 8Pa, ruangan C sebesar 8 Pa, dan ruangan D sebesar 2 Pa.
 - b. Bukaannya *damper supply* 100% dan *exhaust* 50% ruangan A sebesar 9 Pa, ruangan B sebesar 5 Pa, ruangan C sebesar 5 Pa, dan ruangan D sebesar -11 Pa.
 - c. Bukaannya *damper supply* 100% dan *exhaust* 100% Ruangan A sebesar 8 Pa, ruangan B sebesar 4 Pa, ruangan C sebesar 4 Pa, dan ruangan D sebesar -11 Pa.
 - d. Bukaannya *damper supply* 50% dan *exhaust* 100% Ruangan A sebesar 4 Pa, ruangan B sebesar 1 Pa, ruangan C sebesar 1 Pa, dan ruangan D sebesar -12 Pa.
 - e. Bukaannya *damper supply* 0% dan *exhaust* 100% Ruangan A sebesar -7 Pa, ruangan B sebesar -8 Pa, ruangan C sebesar -8 Pa, dan ruangan D sebesar -16 Pa.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan ucapan terimakasih sebesar-besarnya kepada Politeknik Negeri Bandung yang telah memberikan fasilitas dan bantuan dana sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Cycles, Refrigeration et al. 1997. “1997 ASHRAE Handbook.” *ASHRAE Handbook*.
[2] Fadillah, M. L. (2020). Prototipe Bilik Sampel Covid-19 Dan Sistem Monitornya.

- [3] Handbook, A. S. H. R. A. E., & Heating, V. (2011). Air-Conditioning Applications(IP Edition). *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*, 25-2.
- [4] Margana, A. S., & Pangripto, T. (2023). Uji Performansi Kinerja Unit Pendingin Ruang Isolasi Tekanan Negatif Dengan Variasi Debit Exhaust. *Jurnal Teknik & Teknologi Terapan*, 1(1), 24-30.
- [5] Peraturan Menteri Kesehatan RI. 2016. “Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No 24 Tahun 2016 Tentang Persyaratan Teknis bangunan Dan Prasarana Rumah Sakit.” *Menteri Kesehatan Republik Indonesia Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 65(879): 2004-6*.
- [6] Pramudhita, A., & Hermawan, R. (2020). Perancangan Sistem Tata Udara pada Ruang NICU di Lantai 3 Rumah Sakit. *JTT (Jurnal Teknologi Terapan)*, 6(2), 125-135.
- [7] Rahman, S. A., Chaidir, R., & Sudarmadi, D. (2021). Pembuatan Perangkat Negative Pressure Room Portable untuk Klinik Central Medika Ciwastra Bandung. *Jurnal Pengabdian Tri Bhakti*, 3(1), 47-51.
- [8] Sakit, P. L. R. Manajemen Tata Udara di Ruang Isolasi.
- [9] Tito Riyanto, S. T. (2021). *Kriteria Sistem Tata Udara Ruang Isolasi Dalam Penanganan Infeksi Covid-19*. Deepublish.
- [10] Yuniar, T., Manunggal, B. P., & Indriyani, I. (2021, September). Sistem Sirkulasi Udara Bertekanan Negatif Pada Lemari Sterilisasi. In *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar* (Vol. 12, pp. 308-313).