

## STUDI KINERJA VENTILASI MEKANIK INSUFLASI UNTUK KUALITAS UDARA DALAM BANGUNAN

Yudhy Kurniawan<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Pendingin dan Tata Udara, Politeknik Negeri Indramayu  
Jl. Lohbener Lama No. 8, Indramayu, 45252

\*Email : k.yudhy@yahoo.com

### Abstrak

*Saat ini penggunaan ventilasi berdampak pada kesehatan dan kenyamanan hidup. Perannya dalam menjaga udara segar dan bersih sangat diperlukan. Kurangnya ventilasi yang baik akan berdampak buruk pada kesehatan. Disamping itu permasalahan konsumsi energi juga tidak bisa dibiarkan begitu saja. perubahan udara yang kadang-kadang terlalu rendah atau terlalu tinggi, aliran udara yang tidak merata, memerlukan banyak konsumsi energi. Untuk itu pada perkembangan teknologi ventilasi, perbaikan kinerjanya terus lakukan. Dalam penelitian ini akan dilakukan percobaan untuk mengetahui karakterisasi ventilasi mekanik insuflasi (VMI) yang dilakukan pada rumah di perkotaan. Karakterisasi ini meliputi kualitas udara dalam ruangan, dan kenyamanan. Yang sudah dilakukan saat ini adalah mencoba melakukannya dengan simulasi menggunakan perangkat lunak (software) CONTAM dengan tujuan untuk memprediksi perubahan aliran udara dan perpindahan kontaminan polutan dalam bangunan. Metode penelitiannya adalah mendesain model yang kemudian dimasukkan parameter-parameter yang diperlukan, dan setelah itu dilakukan simulasi untuk melihat hasilnya berjalan baik atau tidak. Jika hasil yang diperoleh sesuai dengan yang diinginkan, maka selanjutnya dilanjutkan dengan variasi obyek. Dalam hal ini akan diketahui untuk obyek pengujian pada bangunan yang menggunakan ventilasi model lain, dan dicoba dengan menerapkan untuk daerah tropis. Sehingga diharapkan dari penelitian ini akan dapat dijadikan referensi untuk dilakukan penelitian lebih lanjut.*

**Keywords:** Kinerja, ventilasi mekanik insuflasi, software CONTAM

### PENDAHULUAN

Dalam kehidupan sehari-hari kita sangat membutuhkan udara bersih. Apalagi untuk daerah yang sulit didapatkan udara yang memenuhi kenyamanan bagi tubuh, seperti daerah perkotaan atau industri yang sudah banyak tercemari. Walaupun hanya merupakan salah satu dari sekian komponen dari lingkungan hidup manusia, namun ia sangatlah berarti bagi manusia. Manusia bisa saja bertahan beberapa waktu lamanya tanpa makanan dan minuman, namun manusia tidak dapat dipisahkan dengan udara, walau beberapa saat saja. Jadi kebutuhan udara, terutama udara bersih sangatlah diperlukan mutlak untuk keberlangsungan hidup manusia. Udara bersih yang diperlukan disini adalah udara yang tidak mengandung bahan-bahan yang dapat membahayakan kesehatan tubuh. Namun untuk menemukan kualitas udara yang bersih dan segar saat ini sudah sulit, terutama di kota-kota besar dan industri yang semakin hari semakin meningkat pencemaran udaranya dan kesehatan manusia semakin memburuk.

Pencemaran udara berupa polutan tidak hanya bersumber dari faktor eksternal seperti asap gas buang kendaraan bermotor, emisi gas buang dari pabrik, sampah-sampah lingkungan, asap rokok dan lain-lain, namun polusi udara juga bisa mengancam kesehatan meskipun berada di dalam rumah atau ruangan. Sumber polusi bisa berasal dari benda-benda di rumah yang mungkin saja tidak pernah kita sadari seperti barang-barang elektronik, karpet, produk-produk plastic, lem atau zat perekat, perangkat pemanas, cat tembok, kontaminasi microbial (jamur, bakteri), zat-zat kimia, dan lain-lain. Bahkan dalam sebuah penelitian menunjukkan bahwa udara didalam bangunan lebih sering tercemari dibandingkan udara di dalam gedung (sekalipun dengan pencemar-pencemar yang berbeda).

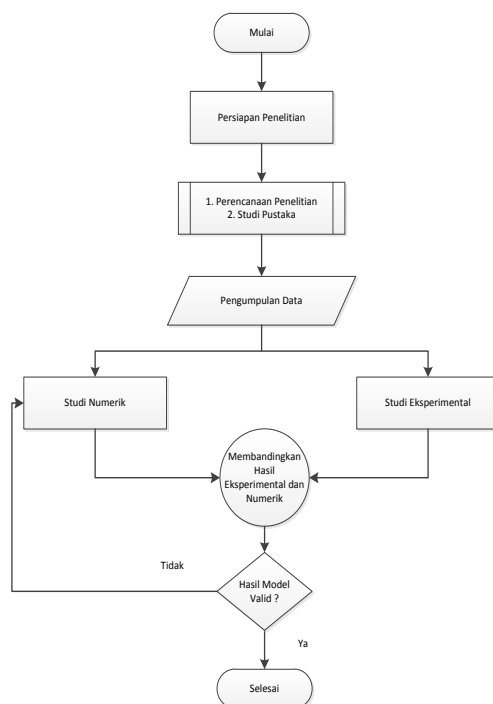
Penggunaan ventilasi untuk melemahkan zat pencemar, filtrasi, dan mengontrol sumber pencemaran adalah suatu upaya untuk meningkatkan kualitas udara di dalam bangunan. Tanpa ventilasi yang baik, maka aliran sirkulasi udara didalam ruangan tidak berjalan lancar, dan mengakibatkan terjebaknya udara yang akan membuat keadaan ruangan dalam bangunan menjadi pengap dan lembab. Keadaan ruangan yang pengap mengindikasikan ruangan tersebut kekurangan O<sub>2</sub> yang diperlukan bagi penghuni, sehingga berakibat sesak nafas. Sedang bangunan atau ruangan yang lembab, akan meningkatkan perkembangbiakan bakteri-bakteri penyebab penyakit

(pathogen). Untuk itu dalam penelitian ini akan dievaluasi performan (kinerja) ventilasi mana yang lebih baik dan optimal untuk meningkatkan kualitas udara dalam ruangan atau bangunan.

Suatu ventilasi, baik ventilasi alami, maupun mekanik harus memastikan kualitas udara yang baik dalam bangunan sesuai dengan kenyamanan penghuni dan konsumsi energi yang rendah. Pada penelitian ini dilakukan percobaan untuk mengetahui karakterisasi ventilasi mekanik insuflasi (VMI) yang dilakukan pada rumah dipertokoan, khususnya didaerah tropis. Karakterisasi ini dilakukan dengan simulasi menggunakan software Contam dengan tujuan untuk memprediksi perubahan aliran udara dan perpindahan contaminan polutan dalam bangunan.

## METODELOGI PENELITIAN

Dalam penelitian ini penulis diberikan topik penelitian oleh Dosen Pembimbing di Prancis, dengan dibantu oleh asisten profesor. Untuk memudahkan dalam pelaksanaan Dosen pembimbing memberikan arahan berupa tahapan pengerjaan penelitian yang dijelaskan pada diagram alir (flowchart) di bawah ini :



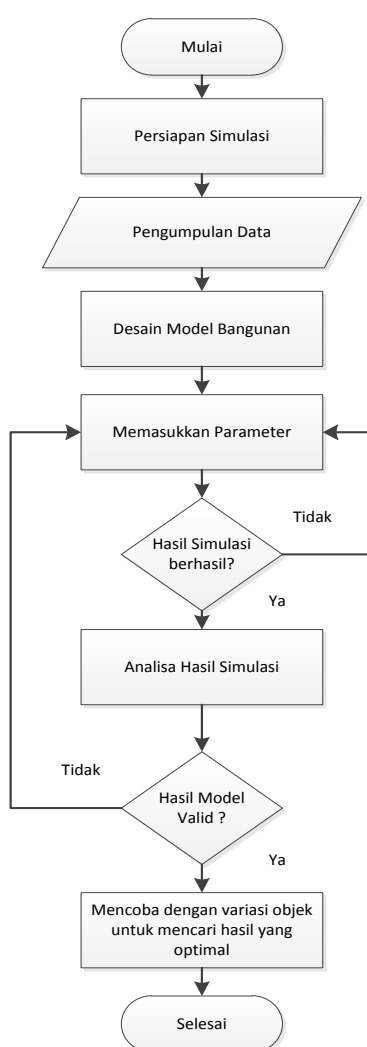
**Gambar 1. Diagram Alir Perencanaan Penelitian**

Sebagaimana yang kita ketahui pada diagram alir pelaksanaan penelitian diatas, penelitian yang diberikan dibagi menjadi dua bagian pekerjaan, yaitu bagian eksperimental dan bagian numerik atau simulasi dengan bantuan *software* CONTAM. Tujuan awalnya adalah mencari karakteristik performan dari ventilasi mekanik insuflasi (VMI) dengan ventilasi mekanik terkendali aliran tunggal hygroreglable tipe B (*VMC simple flux hygroreglable B*) yang mana terkait dengan kualitas udara dalam ruangan, kenyamanan penghuni, dan konsumsi energi. Sehingga dari kedua pekerjaan tersebut hasilnya akan dibandingkan, apakah modelnya valid atau tidak dengan hasil eksperimen dilapangan.

Untuk bagian studi eksperimen ini tidak dibahas pada penelitian ini, mengingat belum didapatkan data-data yang diperlukan dalam perhitungan percobaan dikarenakan kendala teknis dilapangan dan terjadi perubahan protocol sehingga waktu pengambilan data tidak sesuai dari yang direncanakan. Untuk itu sebagai inisiatif, penulis mencoba mempelajari studi numerik dengan melakukan simulasi dengan bantuan *software* CONTAM. Untuk simulasi itu sendiri, saat ini hanya dilakukan rekayasa pada ventilasi mekanik dengan insuflasi (VMI) dengan variable ventilasi pada bangunan yang yang berpenghuni di daerah perkotaan.

## Metode Pengerjaan Simulasi

Pada tahap awal sebelum melakukan simulasi numerik, penulis mencoba untuk melakukan latihan simulasi dengan bantuan Contam untuk model monozone dengan berbagai mempelajari berbagai efek yang dihasilkan. Kemudian setelah memahami hasil simulasi, maka selanjutnya mencoba dengan simulasi model multizone. Hal yang dilakukan pertama kali adalah merancang model bangunan untuk simulasi. Setelah itu memasukkan parameter-parameter data yang diperlukan sesuai kebutuhan yang diinginkan. Data parameter dapat diperoleh dari studi pustaka atau rekomendasi dari penelitian yang dilakukan sebelumnya. Kemudian langkah selanjutnya adalah mencoba melakukan simulasi untuk dilihat hasilnya, apakah parameter yang kita masukkan sudah tepat atau sesuai dengan yang diinginkan. Jika masih belum sesuai, maka dapat dilakukan peninjauan kembali terhadap parameter yang kita masukkan. Selanjutnya dilakukan simulasi kembali untuk dilihat hasilnya berjalan baik atau tidak. Jika hasil yang diperoleh sesuai dengan yang diinginkan, maka untuk selanjutnya dapat dilanjutkan dengan variasi objek pengujian yang akan disimulasi dengan maksud sebagai pembandingan untuk mencari hasil yang optimal.



Gambar 2. Diagram Alir Studi Numerik dengan Contam

## HASIL DAN PEMBAHASAN

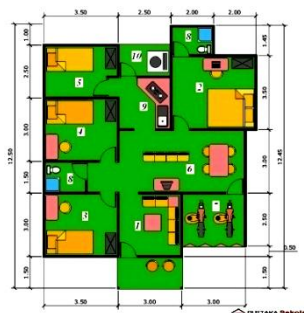
### Simulasi dengan Software CONTAM

Tujuan dari simulasi ini adalah untuk mengenal lebih jauh fungsi dari penggunaan software CONTAM dalam mempelajari ventilasi dan kualitas udara dalam ruangan dan penerapan pendekatan studi kasus dengan pendekatan model multizone.

Dalam memahami software ini, awal pekerjaan simulasi, langkah-langkah dasar yang dilakukan adalah membuat model sederhana dengan pendekatan model monozone dan kemudian setelah itu kita dapat mencobanya dengan pendekatan yang lebih kompleks dengan model multizone dalam melakukan simulasi dan analisis. Sebagai bahasan singkat, simulasi dengan pendekatan model multizone untuk kasus yang lebih realistis pada sebuah bangunan rumah satu lantai. Dimana model tersebut digunakan untuk mengetahui transfer aliran udara dan pertukaran udara polutan.

### Deskripsi Bangunan Satu Lantai

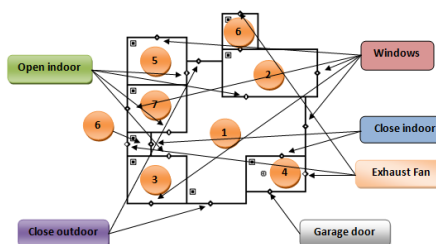
Sebelum melakukan simulasi, dibutuhkan parameter-parameter input yang dimasukkan dalam properties CONTAM. Parameter tersebut berisi tentang data-data cuaca setempat dalam satu tahun, dimensi bangunan, data referensi dari studi pustaka atau pengujian sebelumnya. Pada kondisi bangunan ini, temperatur konstan pada semua zona yang diatur adalah 25oC untuk tipe rumah satu lantai. Untuk kasus ini dipasang ventilasi mekanik berupa fan pada garasi dengan debit aliran 20 m<sup>3</sup>/h dan kamar mandi dengan debit aliran 5 m<sup>3</sup>/h. Di bawah ini adalah denah dan model bangunan yang akan disimulasikan oleh software CONTAM.



Gambar 3. Denah bangunan yang akan disimulasikan

Keterangan :

1. Ruang tamu
2. Kamar tidur utama
3. Kamar tidur tamu
4. Kamar tidur anak
5. Kamar tidur pembantu
6. Ruang keluarga dan ruang makan
7. Garasi
8. Kamar mandi / WC
9. Dapur
10. Tempat menyuci



Gambar 4. Model bangunan yang dibuat pada SketchPad CONTAM

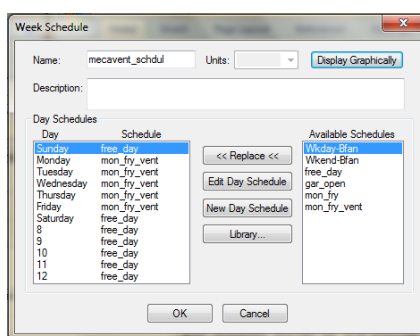
**Tabel 1. Deskripsi zona dalam bangunan pada SketchPad CONTAM**

No. Zona	Nama Zona	Luas (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )
1	R. Tamu, keluarga, dapur	33.25	99.75
2	Kamar tidur utama	14	42
3	Kamar tidur tamu	10.5	31.5
4	Garasi	7.5	22.5
5	Kamar tidur pembantu	8.75	26.25
6	Kamar mandi/WC	2.9	8.7
7	Kamar tidur anak	10.5	31.5

### Parameter Simulasi

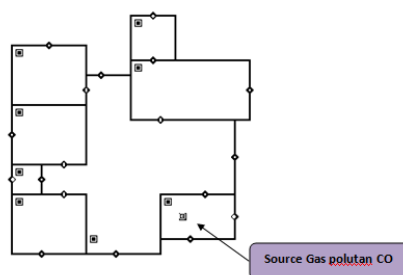
Tujuan dari studi numerik ini adalah memahami penggunaan ventilasi dalam mengkondisikan kualitas udara dalam ruangan. Variasi simulasi awal dilakukan dengan memasang exhaust fan didekat tempat-tempat yang memiliki potensi kontaminan yang cukup tinggi, seperti tempat garasi kendaraan, dan kamar mandi/WC. Dalam studi ini difokuskan memahami kontaminan yang berada pada garasi kendaraan yang terpasang exhaust fan. Hal ini dengan maksud untuk mengetahui seberapa besar pengaruh pemasangan exhaust fan terhadap kontaminan dalam ruang garasi kendaraan. Kontaminan yang dimaksud disini adalah kadar CO (karbon monoxide), untuk spesifikasi kandungan polutan akan dijelaskan lebih lanjut.

Studi ini dilakukan pada kontaminan yang berada disekitar garasi. Penggunaan ventilasi mekanis, dalam hal ini exhaust fan, diatur jadwal sesuai aktifitas penghuni membuka dan menutup pintu garasi. Jika pintu garasi dibuka, maka kerja exhaust fan berhenti. Begitu pula sebaliknya, jika pintu garasi ditutup, maka *exhaust fan* akan bekerja. Dibawah adalah contoh jadwal yang diatur dalam CONTAM.

**Gambar 5. Tampilan jadwal pekanan untuk kinerja *exhaust fan***

*Exhaust fan* bekerja pada saat pintu garasi tertutup, dimana dilihat dari pengaturan jadwal harian (gambar 5) untuk hari sabtu dan minggu, *exhaust fan* bekerja pada pukul 00.00 – 08.00, kemudian berhenti pada pukul 08.00 – 17.00, karena pada waktu tersebut, pintu garasi terbuka, dan udara mengalir keluar, kemudian hidup lagi pukul hingga pukul 24.00. Sedangkan hari senin hingga jum'at, *exhaust fan* bekerja pada pukul 00.00 – 07.00, kemudian pukul 09.00 – 17.00, dan 19.00 – 24.00.

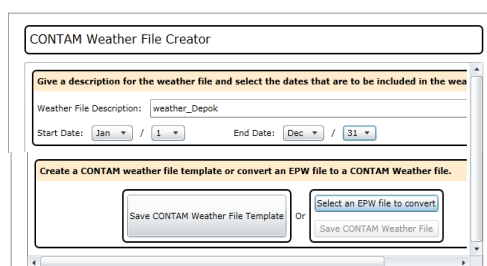
Pada simulasi ini, diberikan skenario dengan meletakkan kontaminan berupa gas polutan CO pada ruangan garasi, dengan maksud akan diobservasi sebaran kontaminan dalam bangunan tersebut (gambar 6). Untuk spesifikasi data kontaminan diambil dari asumsi bawaan pada NIST CONTAM seperti di bawah ini :



**Gambar 6. Source gas polutan CO yang dipasang pada ruang garasi**

Sedangkan inputan untuk generation rate sebesar 3000 mg/h. Sumber kontaminan ini dihasilkan dari gas buangan kendaraan bermotor yang atur waktunya berdasarkan penghuni menghidupkan kendaraan.

Parameter selanjutnya yang dimasukkan adalah data cuaca (transient weather) dalam hal ini, data transient diambil dari weather file energy plus kota Jakarta dalam format EPW (Energy plus weather) yang telah dikonversi melalui CONTAM weather file creator dari NIST menjadi format WTH (*transient weather*) dalam rentang waktu satu tahun. Kemudian setelah berubah ke dalam format WTH, data dapat dipanggil dari *setting simulation parameters* (gambar 7).



**Gambar 7. Contoh konversi weather data dari format EPW ke WTH melalui CONTAM Weather File Creator dari NIST**

Selanjutnya pembuatan model dan pengimputan parameter bukaan. Ada berbagai unsur yang digunakan dalam mendefinisikan bukaan, yaitu *leakage*, *orifice*, *fan model*, *single opening*, dan lain-lain yang kita dapat tentukan dalam *air flow path element*. Dalam kasus ini untuk definisi jendela, pintu yang tertutup, termasuk garasi diidentikkan sebagai *leakage*. Hal ini karena model ini memiliki nilai flow eksponensial yang disarankan untuk model kasus infiltrasi yaitu 0,6 – 0,7. Sedang untuk pintu yang terbuka, diidentikkan sebagai *single opening*, dimana untuk bukaan yang lebih besar udara dapat mengalir dalam dua arah melalui bukaan. Dan untuk *exhaust fan* dapat diidentikkan sebagai *constant mass flow fan model*.

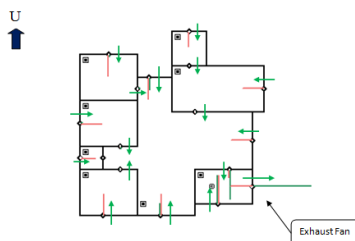
### Operasi Simulasi

Pada studi ini akan dilakukan simulasi terhadap contoh bangunan rumah satu lantai diperkotaan di Indonesia. Observasi dilakukan terhadap ruang garasi tempat parkir kendaraan. Hal ini mengingat garasi merupakan salah satu kontributor kontaminan bagi kualitas udara dalam ruangan. Pengaturan sumber kontaminan berupa polutan gas CO yang berada di ruang tersebut, karena gas ini salah satunya berasal dari buangan hasil pembakaran yang tidak sempurna pada kendaraan. Dan dikota-kota besar, kadar CO akan relatif tinggi dibanding pedesaan. Karbon monoksida (CO) apabila terhisap ke dalam paru-paru akan ikut peredaran darah dan akan menghalangi masuknya oksigen yang akan dibutuhkan oleh tubuh. Penerapan kriteria lingkungan kualitas udara polutan CO nilai ambang batas maksimum yang diperkenankan oleh pemerintah lokal adalah 20 ppm/8 jam, atau sekitar 2,5 ppm/jam. Untuk itu dilakukan observasi dengan studi numerik berupa simulasi

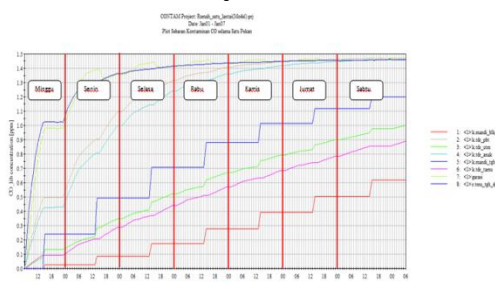
menggunakan software CONTAM, sehingga dapat diketahui sebaran kontaminan yang dihasilkan dari emisi gas buang kendaraan di dalam bangunan rumah. Dan variasi dilakukan dengan mencoba membandingkan model ventilasi yang ada.

**Hasil Simulasi dengan Menggunakan Exhaust Fan**

Pemasangan alat yang akan di observasi fokus ditempatkan pada dinding garasi sebelah timur, sehingga udara dari dalam akan diekstraksi ke luar ketika pintu garasi tertutup. Hasil simulasi dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



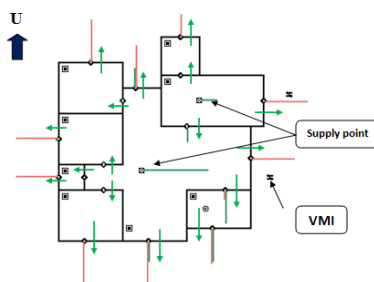
**Gambar 8. Hasil simulasi berupa arah aliran dan drop tekanan pada kasus exhaust fan**



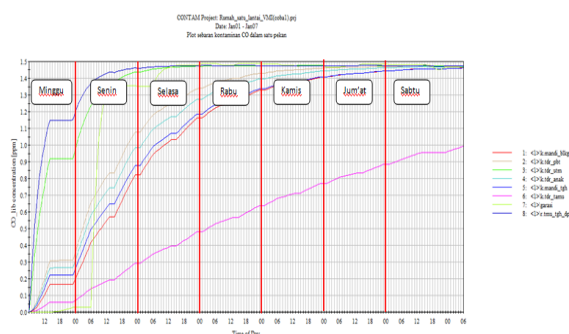
**Gambar 9. Hasil plot sebaran kontaminan CO selama satu pekan (exhaust fan)**

Dari gambar 9 di atas diketahui sebaran kontaminan gas CO selama satu pekan pada ruangan yang dikondisikan dengan alat ventilasi berupa exhaust fan, dari grafik diketahui nilai kandungan kontaminan CO terbesar menyebar ada pada ruang garasi, kemudian disusul ruang tamu dan yang paling rendah pada ruang kamar mandi belakang. Dari grafik ini menunjukkan selama satu pekan kontaminan CO pada hari pertama sudah tinggi berkisar 0,9 – 1,02 ppm di ruang garasi dan tamu, sehingga ada keterkaitan antara penggunaan ventilasi dengan exhaust fan yang berpengaruh perbedaan tekanan mengalir dari tekanan yang tinggi menuju ke tekanan rendah, artinya udara dari dalam di ekstrak keluar oleh exhaust fan. Untuk zona lainnya tidak terjadi perbedaan tekanan yang signifikan. Namun pada hari – hari berikutnya, hingga terlihat dalam satu pekan, sebaran kontaminan akhirnya merata nilainya yang berkisar pada 1,45-1,47 ppm. Nilai ini jika dibanding dengan ambang batas yang dipersyaratkan oleh pemerintah setempat yaitu 2,5 ppm masih aman.

**Hasil Simulasi dengan Menggunakan Ventilasi Mekanis dengan Insufiasi (VMI)**



**Gambar 10. Hasil simulasi berupa arah aliran dan drop tekanan pada kasus VMI**



**Gambar 11. Hasil plot sebaran kontaminan CO selama satu pekan (VMI)**

Untuk gambar 10, dimana grafik menunjukkan sebaran kontaminan gas CO selama satu pekan, pada grafik tersebut terlihat nilai sebaran kontaminan merata terbesar diruang garasi dan ruang tamu pada hari pertama, dan kemudian mulai hari ketiga sebaran kontaminan merata naik dari semua zona, kecuali kamar tidur tamu yang masih rendah nilai sebaran kontaminan (gambar 11). dari gambar 4.10 jika default kontaminan diperhitungkan saat itu, maka nilai pada grafik akan terlihat rata pada kisaran 1,4 – 1,47 ppm. Dari kedua penggunaan ventilasi mekanis, dapat dilihat bahwa sebaran kontaminan yang paling cepat merata ada pada penggunaan ventilasi mekanis insulasi (VMI), yaitu pada hari ketiga, kontaminan disemua zona, kecuali kamar tidur tamu terlihat merata naik.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa dari grafis pada pembahasan di atas, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Penggunaan ventilasi sangat berpengaruh terhadap kualitas udara dalam bangunan, dimana dipengaruhi oleh beda tekanan antara bukaan ruang yang satu dengan ruang yang lain;
2. Dengan mempelajari software ini dapat diketahui sebaran kontaminan dalam ruangan apakah ruangan tersebut masih dibawah ambang batas yang dipersyaratkan oleh pemerintah untuk polutan gas CO, dari hasil simulasi baik dengan menggunakan ventilasi yang berupa exhaust fan dan VMI masih di bawah ambang batas yang dipersyaratkan yaitu kadar CO < 2,5 ppm;
3. Memahami lebih jauh distribusi aliran udara secara simulasi, apakah drop tekanan yang ditimbulkan cukup besar dengan menggunakan ventilasi mekanis tersebut.

## DAFTAR PUSTAKA

Arrêté du 24 mars 1982 (urbanisme et logement, énergie, santé) modifié par arrêté du 28 octobre 1983, *Dispositions relatives l'aération des logements*. Journal Officiel de la République Française, 27 mars 1982 et 15 novembre 1983.

ASHRAE standard 55 p, 2004, *thermal environmental for humain occupancy*.

ASHRAE(2009), *ASHRAE Handbook Fundamentals*, p.16.15.

Guerriat, Adeline, *Conception d'un projet selon le standard maison passive*, <http://www.lamaisonpassive.be/ventilation> (10/07/2012).

Koffi, J., 2009, *Analyse Multicritère des Stratégies de Ventilation en Maisons individuelles*. Université de La Rochelle.



Villenave J. G., Millet J.-R., Brogat B., Fontan J., 2000, Ventilation dans les bâtiments collectifs d'habitation existants. Cahiers du CSTB, livraison 412.

NIST, 2011, *Multizone Airflow and Contaminant Transport Analysis Software*.

NIST, *CONTAM Tutorial Single Zone* <http://gambar.co/denah-rumah-minimalis-sederhana.html> (10/01/2013).

Nirvan, Golzar., 2012, *Contaminant Transport Through The Garage-House Interface Leakage, journal International*.

Saepudin, A., dan Admono, T., 2005, *Kajian Pencemaran Udara Akibat Emisi Kendaraan Bermotor di DKI Jakarta*, LIPI Press

<http://www.bfrl.nist.gov/IAQanalysis/software/WEATHERprogram.htm> ;