

EVALUASI PERFORMA BANGUNAN TERHADAP AIR CHANGE PER HOUR PADA FASILITAS OLAHRAGA: STUDI KASUS GOR UII

Muhammad Naqiyudin Amin¹ & Dyah Hendrawati²

¹Jurusan Arsitektur, Universitas Islam Indonesia

¹Surel: 19512100@students.uii.ac.id

ABSTRAK: GOR UII (Universitas Islam Indonesia) atau GOR Ki Bagoes Hadikoesoemo merupakan fasilitas olah raga yang sangat representatif dengan kapasitas kurang lebih 600 orang. Terdapat satu lapangan basket dan 3 lapangan badminton yang dapat dinikmati oleh mahasiswa ataupun masyarakat umum. Penggunaan dengan jam kerja tinggi membuat sebuah GOR harus memenuhi kualitas udara bagi pengguna yang berolahraga, dimana memiliki kebutuhan akan udara segar yang lebih banyak dibanding dengan pengguna biasa. Umumnya, untuk memenuhi kualitas udara sistem ventilasi baik mekanik maupun alami sering dipakai. Tujuan dari tulisan ini adalah untuk mengevaluasi performa air change per hour atau pertukaran udara tiap jam dalam memenuhi kebutuhan pengguna. Metoda yang dipakai adalah pengukuran air change per hour dari standar ASHRAE Standar 62.1-2019 yang disimulasikan dengan CFD. Hasil menunjukkan bangunan sudah memenuhi persyaratan pertukaran udara yang memadai di beberapa area sehingga masih aman untuk digunakan beraktifitas olahraga. Hasil data dievaluasi dengan standar ASHRAE Standar 62.1-2013, rekomendasi desain akan diberikan untuk area yang belum memadai dengan penyesuaian ventilasi udara.

Kata kunci: Air Change per Hour, Ventilasi Alami, Olahraga, Indoor Air Quality

PENDAHULUAN

Berolahraga secara rutin bisa memberikan efek pada kesehatan fisik. Kesehatan fisik berperan bagi manusia untuk menjalankan aktifitas sehari-hari. Tanpa Kesehatan fisik yang prima, aktifitas manusia jadi terganggu. Berolahraga bisa dilakukan di berbagai tempat, salah satunya adalah Gedung Olahraga, sebuah tempat yang dikhususkan untuk memwadahi beberapa kegiatan olahraga dengan berbagai bentuk atau jenis peralatan pendukung kegiatan (Sutiono & Aritonang, 2022). Sebuah studi di Eropa menunjukkan bahwa kegiatan olahraga di gedung atau fasilitas olahraga meningkat dari 60 juta orang pada tahun 2017 menjadi 64,7 juta orang pada tahun 2019 (Rutgers & Hollasch, 2020). Itu semua terhitung dari jumlah tiket yang terjual pada berbagai fasilitas olahraga. Kebutuhan fisiologis yang berubah ketika melakukan aktifitas olahraga sehingga lebih rentan terkena efek buruk dari polusi udara. Ketika berolahraga kebutuhan oksigen untuk paru-paru menyebabkan peningkatan frekuensi pernapasan (kadang-kadang hingga 10 kali) dan kecepatan aliran udara, yang mentransfer polutan jauh ke dalam saluran pernapasan, yaitu ke daerah paru-paru. Selain itu, orang yang berolahraga bernapas langsung melalui mulut mereka, sehingga melewati mekanisme filtrasi di saluran pernapasan bagian atas yang menahan partikel yang paling banyak dihirup dengan diameter lebih dari 2 µm. Olahraga dalam kondisi udara yang tercemar dapat meningkatkan risiko iritasi dan alergi, sensitisasi, penyakit pernapasan akut dan kronis, dan disfungsi paru. (Brulewska, 2021). Jenis gas pencemar udara utama di fasilitas olahraga adalah karbon dioksida (CO₂) yang merupakan produk alami dari pernafasan manusia itu sendiri (Apte, 2000). Peningkatan intensitas pernapasan yang menyertai aktivitas fisik berkontribusi pada konsentrasi CO₂ yang lebih tinggi di ruang olahraga daripada di fasilitas lain seperti apartemen (Ramos dkk, 2014). Salah satu solusi

pertama dari problem ini adalah memastikan kesegaran udara yang mengalir pada suatu ruang atau mengatur tingkat pergantian udara per jamnya.

Universitas Islam Indonesia (UII) adalah salah satu universitas yang berbasis di Yogyakarta dimana memiliki program studi lintas jurusan yang terbagi dalam fakultas-fakultas yang berbeda. Dengan luas yang mencapai 35 hektar, UII mempunyai banyak fasilitas pendukung aktifitas para mahasiswa. Gedung Olahraga Ki Bagoes Hadikoeskoemo atau biasa disebut GOR UII adalah fasilitas olahraga yang dimiliki oleh UII dimana bisa menampung kurang lebih 600 orang. Di dalamnya terdapat satu lapangan basket dan tiga lapangan badminton yang dapat digunakan oleh mahasiswa maupun masyarakat umum. Berdasarkan data kasus yang ditemukan mengharuskan fasilitas olahraga memenuhi persyaratan kualitas udara. Dengan itu akan dilakukan evaluasi terhadap *air change per hour* di GOR UII sebagai upaya awal untuk memenuhi persyaratan. Tujuan dari penelitian evaluasi ini dapat disimpulkan sebagai berikut

1. Untuk mengetahui Performa Bukaan pada GOR UII terhadap Air Change per Hour (ACH) yang disyaratkan
2. Untuk mengetahui Apakah performa bukaan terhadap aliran udara sudah sesuai dengan standar ACH yang disyaratkan
3. Untuk mengetahui Apakah bangunan masih memenuhi persyaratan ACH jika mencapai kapasitas pentonton maksimal
4. Untuk mengetahui faktor apa saja yang berpengaruh pada kebutuhan & performa air change per hour di GOR UII

Riset ini terspesifik pada lingkungan GOR UII dan elemen-elemen sekitarnya yang mempunyai pengaruh maupun dipengaruhi oleh keberadaan bangunan. Objek yang diambil meliputi ruangan indoor dari GOR dan sistem ventilasi yang dipakai untuk sirkulasi udara. Lingkup substansi riset ini adalah untuk mengetahui, membandingkan, dan mengevaluasi *air change per hour* pada fasilitas olahraga GOR UII.

Riset ini diharapkan berkontribusi dalam pengembangan kajian performa bangunan dalam mengevaluasi studi kasus tertentu dan menyajikan pengetahuan yang bermanfaat bagi perancang maupun peneliti indoor air quality. Menunjukkan pentingnya memerhatikan kualitas udara ruangan terutama dalam aktifitas olahraga. Kemudian, kedepannya diharapkan para arsitek dapat membuat rancangan bangunan berperforma tinggi yang efektif dan efisien sehingga memenuhi tugas utama sebagai seorang arsitek, melayani umat manusia.

STUDI LITERATUR

Kualitas & Kenyamanan Udara Ruang

Kualitas udara ruang atau *indoor air quality (IAQ)* adalah fenomena yang meliputi multidisiplin, dan ditentukan oleh banyak kontaminan yang berbasis kimia, biologi, dan fisik dimana menjadi bagian dari total komposisi lingkungan dalam ruangan (Tham, 2016). IAQ berpengaruh secara langsung terhadap kesehatan dan kenyamanan terhadap penggunaan bangunan oleh manusia. IAQ yang buruk berimbas menjadi polusi udara yang merupakan salah satu ancaman risiko lingkungan terbesar bagi kesehatan di seluruh dunia,

terhitung 1 dari 8 kematian pada tahun 2012 (WHO, 2016). Konsentrasi CO₂ dianggap sebagai salah satu parameter utama yang digunakan untuk mengevaluasi kinerja ventilasi pada bangunan. Menurut penelitian Nagelkirk, konsentrasi CO₂ pada level 650 ppm memastikan bahwa kualitas udara di fasilitas olahraga dapat diterima oleh sekitar 90% pengguna. Menurut American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE), tingkat CO₂ maksimum di fasilitas olahraga adalah 1000 ppm. Konsentrasi CO₂ di atas nilai ini dianggap terkait dengan kualitas udara yang buruk, peningkatan prevalensi gejala kesehatan akut (misalnya, sakit kepala dan iritasi mukosa), dan kinerja kerja yang lebih lambat (Satish dkk, 2012). Tercatat sebanyak 20 polutan yang terdaftar dalam riset yang pernah dijalankan pada evaluasi kualitas udara ruangan (Andrade, 2018), salah satunya adalah CO (Karbon Monoksida) dan lajur udara yang kurang.

Kenyamanan udara ruang dalam aktifitas olahraga merujuk ke kelancaran aktifitas yang dilakukan dengan kondisi udara tersebut, seperti suhu ruangan, kelembapan udara, dan kecepatan angin di ruangan. Menurut Fantozzi & Lamberti (2019), badminton dan tenis meja adalah dua jenis olahraga yang membutuhkan persyaratan kecepatan angin tertentu dimana badminton membutuhkan <0,2 m/s (BWF) sedangkan tenis meja membutuhkan <0,1 m/s (ITTF).

Air Change per Hour

Pergantian udara per jam atau *Air Change per Hour* (ACH) merupakan jumlah udara yang terjadi pada suatu ruang yang dengan interval per jam (Lechner, 2015). Tingkat rata-rata ACH suatu ruang tergantung pada faktor objektifitas yang ingin dicapai (Soebiyanto dkk, 2016). Faktor kesehatan, nyaman, atau efektifitas energi. Untuk kesehatan pengguna bangunan rumah tinggal hanya membutuhkan 0.5 – 1 ACH berdasarkan aktifitas normal, sedangkan untuk kenyamanan membutuhkan 1 – 5 ACH. Semakin berat aktifitas yang dilakukan maka diperlukan tingkat ACH yang lebih tinggi pada suatu ruangan. Volume ruangan juga mempengaruhi kapasitas udara yang berada dalam ruang dimana semakin besar volume ruang maka semakin besar udara yang tersimpan menjadikan menurunnya ACH dikarenakan volume ruangnya.

Terdapat faktor-faktor yang mempengaruhi performa air change per hour dimana masing-masing bisa dibagi menjadi 2, faktor bangunan dan non-bangunan. Aspek bangunan seperti penempatan jendela, dimensi jendela, model jendela yang terapkan bentuk atap. Sedangkan aspek luar meliputi kondisi lingkungan seperti arah dan kecepatan angin, kerapatan dan ketinggian bangunan lingkungan (Pangarso, 2012). Perhitungan tentang bagaimana cara mengetahui pergantian udara bisa dilakukan dengan rumus:

$$ACH = 3600 q / V$$

Dimana,

ACH: *Air Change per Hour*

q: Udara yang mengalir pada ruang (m³/s)

V: Volume ruangan (m³)

Pergantian udara yang mengalir pada ruang melalui ventilasi menjadi penting untuk menentukan kualitas udara di dalam suatu ruang karena memberi pasokan udara yang baru

bagi ruang tersebut sesuai dengan kebutuhan pengguna ruang. Dengan menghitung air change per hour maka bisa diketahui apakah ruangan tersebut bisa memberi kebutuhan udara yang dibutuhkan oleh para pengguna ruangan tersebut.

Faktor kebutuhan setiap pengguna dan kapasitas ruangan juga mempengaruhi kebutuhan pertukaran udara pada ruangan. Hal ini bisa ditentukan dengan menghitung kebutuhan laju udara ventilasi ruang yang diperlukan menggunakan rumus

$$Vbz = Rp.Pz + Ra.Az$$

Dimana,

Vbz: Breathing Zone Outdoor Airflow (L/s). Laju udara ventilasi

Rp: Kebutuhan udara tiap pengguna (L/s*person)

Pz: Populasi Zona. Perkiraan pengguna terbanyak ruang

Ra: Kebutuhan udara per meter suatu ruang (L/s*m²)

Az: Luas Area lantai ruangan (m²)

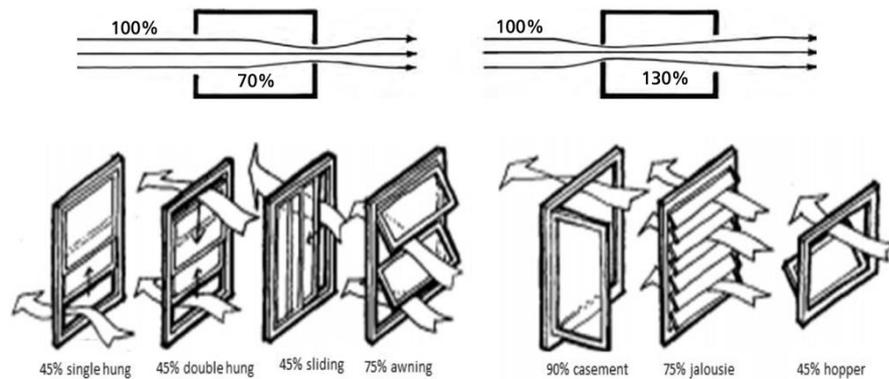
Salah satu fungsi ACH adalah membawa udara segar yang penuh oksigen dari luar ke dalam bangunan. Aktifitas manusia di dalam ruangan memproduksi CO₂. Konsentrasinya sendiri bisa meningkat dari 800 ppm hingga 1400 ppm dalam 3 jam ketika terjadi aktifitas olahraga (Grande & Cao, 2019). Jumlah penghuni per ruang juga penting untuk mengurangi konsentrasi CO₂ di ruangan tersebut karena makin tinggi CO₂ makin tinggi penyebaran. Huessler dkk (2022) berpendapat bahwa konsentrasi CO₂ di fasilitas olahraga tidak boleh melebihi 800 ppm. Menurut ASHRAE, kebutuhan ACH aktifitas olahraga didapat dari kebutuhan udara per individu yang mencapai 10 L/s per person dan per meter area yang mencapai 0,9 L/s per m². Syarat ACH ruangan sesuai kebutuhan ventilasi harus terpenuhi terlebih dahulu sebelum menerapkan kebutuhan kualitas udara selanjutnya.

Ventilasi Alami

Ventilasi alami adalah proses pertukaran udara segar dari luar ruangan ke dalam ruangan tanpa melibatkan adanya intervensi peralatan mekanik (Satwiko, 2005). Salah satu tujuan utama dari ventilasi utama adalah penghematan energi yang dikonsumsi bangunan. Mekanisme terjadinya ventilasi alami disebabkan oleh perbedaan tekanan udara antara luar dan dalam bangunan. Faktor perbedaan ini juga disebabkan oleh suhu dan kecepatan angin (Mediastika, 2010). Ventilasi alami terjadi melalui bukaan seperti pintu, jendela, dan bukaan lainnya di bangunan. Ventilasi silang merupakan salah metode untuk menyalurkan udara dari satu ruang ke ruang lainnya, maka dengan begitu sirkulasi udara menjadi lebih sehat karena udara yang berada dalam ruangan baru sehingga pengguna menghirup udara baru setiap saat (Hendrawati, 2021).

Beberapa faktor bisa mempengaruhi performa ventilasi yang berjalan. Penempatan lubang ventilasi antara peruntukan memasukkan udara (inlet) dan mengeluarkan (outlet) dimana dengan memposisikan outlet diletakkan lebih tinggi dengan inlet yang diposisikan sejajar dengan aktifitas manusia sehingga udara dapat dikeluarkan dengan mudah tanpa tercampur udara segar yang masuk.

Dimensi lubang ventilasi yang berbanding lurus antara bukaan dan aliran udara yang mengalir. Rasio besar lubang ventilasi antara outlet dan inlet menjadi sangat berpengaruh dalam terjadinya proses ventilasi. Luas bukaan inlet yang baik adalah 20% dari luas bangunan, dengan bukaan outlet yang sama maka total luas bukaan adalah 40% dari luas permukaan lantai (Chenari dkk, 2016). Namun, jika tidak memungkinkan untuk mempunyai bukaan yang sama, bisa dengan menerapkan bukaan *outlet* yang lebih kecil untuk memasukkan udara sehingga mempunyai kapasitas lebih banyak. Namun bisa menerapkan *inlet* lebih kecil untuk memperbesar kecepatan udara masuk.

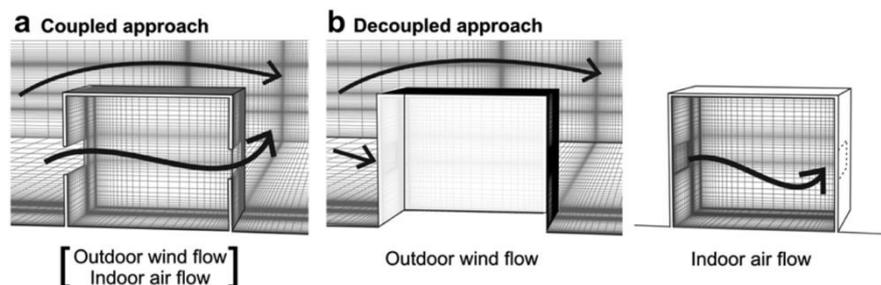


Gambar 1.0 Perbedaan performa *inlet* & outlet ventilasi alami (atas) & Pengaruh tipe bukaan untuk ventilasi alami (Bawah)
Sumber : Lechner 2015 & Lippsmeier 1997

Tipe bukaan juga akan mempengaruhi pertukara udara yang terjadi di dalam ruangan. Bukaan yang baik merupakan bukaan dengan presentasi aliran yang mencapai nilai tertinggi, seperti tipe casement yang mampu mengalirkan udara mencapai 90%

Computational Fluid Dynamics (CFD)

Computational Fluid Dynamics atau CFD merupakan salah satu cabang dari Computer Aided Engineering (Hasil teknis komputer) yang menyimulasikan melalui pendekatan numerik pada gerakan yang bersifat fluida dan transfer panas. CFD berperan seperti fluida dinamis berbasis virtual. CFD bisa dibidang sebuah teknik yang cost-effective yang sudah umum digunakan dalam industri desain (Kajima dkk, 2013).



Gambar 2.0 Simulasi CFD antara pendekatan coupled dan decoupled
Sumber : Ramponi & Blocken 2012

Dalam kajian arsitektur tentang ventilasi bangunan, teknologi CFD mampu memahami sifat angin pada ventilasi bangunan (Mirzae & Haghghat, 2010). Selain sebagai analisa fluida

secara umum, CFD juga bisa digunakan untuk membuat simulasi microclimate dengan menggunakan pendekatan atau ekstensi tertentu (Aydin & Mirzaei, 2016). Dalam simulasi CFD ventilasi silang yang melibatkan bukaan besar, masalah utama yang menjadi perhatian adalah pemodelan akurat dari interaksi antara aliran angin luar di sekitar gedung dan aliran udara dalam ruangan di dalam gedung, yang berinteraksi satu sama lain. Sebuah perbedaan dapat dibuat antara pendekatan coupled dan decoupled. Dalam pendekatan coupled, ada satu geometri komputasi dan domain komputasi, yang mencakup lingkungan luar dan dalam bangunan. Dalam pendekatan ini, bukaan ventilasi dianggap terbuka, aliran angin luar ruangan dan aliran udara dalam ruangan diselesaikan dalam domain komputasi yang sama dan interaksi (penggabungan) antara aliran angin luar dan aliran udara dalam ruangan diselesaikan secara rinci menggunakan persamaan pengaturan yang sesuai. Dalam pendekatan decoupled, ada dua geometri komputasi yang berbeda dan dua domain komputasi yang berbeda: satu untuk lingkungan luar dan satu untuk lingkungan dalam gedung. Dalam pendekatan ini, simulasi aliran angin dilakukan untuk bangunan sebagai badan tertutup, yaitu bukaan “tertutup” (Ramponi & Blocken, 2012).

Aktifitas & Fasilitas Olahraga

Olahraga adalah serangkaian gerak raga yang teratur dan terencana untuk memelihara gerak (mempertahankan hidup) dan meningkatkan kemampuan gerak (meningkatkan kualitas hidup). Seperti halnya makan, olahraga merupakan kebutuhan hidup yang sifatnya periodik, artinya olahraga sebagai alat untuk memelihara dan membina kesehatan, tidak dapat ditinggalkan (Giriwijoyo, 2005).

Gedung Olahraga atau Gelanggang Olahraga bermakna sebuah bangunan besar yang dilengkapi ragam peralatan dan sarana olahraga untuk melakukan gerakan badan atau jenis olahraga tertentu, seperti senam, permainan atau latihan fisik lainnya (Sutiono & Aritonang, 2022). Menurut Standar Tata Cara Perencanaan Teknik Bangunan Gedung Olahraga yang dikeluarkan oleh Departemen Pekerjaan Umum, gelanggang olahraga dibagi menjadi 3 tipe.

- a. Gelanggang Olahraga Tipe A atau Besar
Merupakan gelanggang olahraga yang dalam penggunaan melayani wilayah Provinsi/Daerah Tingkat 1 dengan kapasitas minimum 3000 orang
- b. Gelanggang Olahraga Tipe B atau Sedang
Merupakan gelanggang olahraga yang dalam penggunaan melayani wilayah Kabupaten/Kotamadya dengan kapasitas antara 1000-3000 orang
- c. Gelanggang Olahraga Tipe C atau Kecil
Merupakan gelanggang olahraga yang dalam penggunaan hanya melayani wilayah Kecamatan. Dengan kapasitas maksimal 3000 orang

METODE PENELITIAN

Metode yang akan dipakai dalam penelitian ini bersifat kuantitatif secara deskriptif-eksperimental pada studi kasus bangunan tertentu dengan variabel dan parameter tertentu. Penelitian kuantitatif bisa menjelaskan hasil evaluasi secara terukur untuk hasil akhir yang presisi. Peneliti melakukan prosedur penelitian dengan beberapa langkah dimana yang pertama adalah mencari tahu isu yang terjadi di bangunan mengenai kualitas udara segarnya. Kemudian berdasarkan isu yang ditemukan dilakukan pencarian data lebih lanjut untuk membuktikan kebenaran isu tersebut secara primer maupun sekunder dengan landasan literasi. Ketika data terkait bangunan GOR UII yang terkumpul sudah mencukupi maka kemudian akan dilakukan simulasi terkait kualitas udara yang ada di GOR UII untuk

dijadikan bahan ketika menganalisa ACH bangunan. Kesimpulan diagnosa dan evaluasi yang komprehensif akan ditentukan dari hasil analisa yang menjadi landasan.

Penelitian ini berlokasi di 8C75+7MH, Krawitan, Umbulmartani, Kec. Ngemplak, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55584. Lebih tepatnya di dalam kawasan Universitas Islam Indonesia. Objek Penelitiannya adalah kondisi udara dalam ruangan GOR UII dan disimulasikan menggunakan Autodesk CFD karena cukup lengkap dan presisi untuk mengetahui data kecepatan dan pergerakan angin di bangunan. Data angin diambil dari globalwindatlas.info dikarenakan dinilai data yang disediakan cukup lengkap dan presisi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data GOR yang didapat adalah gambar rancangan yang terdiri dari denah, tampak, beberapa potongan, dan detail skematik. GOR UII terdiri dari 2 lantai multi level dengan lapangan dan tribun. Berdasarkan klasifikasi yang dilakukan oleh kementerian PUPR, GOR UII termasuk dalam golongan GOR tipe C atau kecil karena letak sebagai gedung olahraga lokal yang memiliki kapasitas tidak lebih dari 1000 orang, menaungi olahraga bulutangkis, bola voli, basket, futsal dan sepak takraw. Menggunakan ventilasi alami untuk sirkulasi udara bangunan sehingga perhitungan ACH mendapatkan data dari hasil simulasi menggunakan Autodesk CFD.

Area yang dilakukan perhitungan meliputi lapangan utama, tribun penonton, selasar lantai dua, dan area gymnasium. Area-area tersebut dipilih untuk perhitungan ACH karena memiliki aktifitas olahraga dan perihal lainnya yang mempunyai hubungan langsung dengan olahraga. Lapangan utama merupakan area utama aktifitas olahraga yang meliputi basket, futsal, dan badminton. Gymnasium sebagai area untuk aktifitas olahraga seperti angkat beban, treadmill, dan sebagainya. Tribun dan selasar bukan termasuk area aktifitas olahraga namun memiliki hubungan langsung dengan aktifitas olahraga, yaitu menikmati pertandingan olahraga. Selain itu, untuk area lapangan utama, selasar dan tribun tergabung di area yang sama dengan berbagai luas ventilasi yang sama.

Perhitungan data dimulai dengan menemukan berapa lajur udara ventilasi yang dibutuhkan untuk GOR UII sesuai dengan aktifitas spesifik yang dijabarkan. Kemudian data hasil perhitungan lajur ventilasi digunakan untuk menghitung nilai ACH yang dibutuhkan GOR UII.

Tabel 1.0 Kebutuhan Lajur Udara Ventilasi

Ruang	Rp (L/s*Person)	Pz	Ra (L/s*m2)	Az (m2)	Vbz (L/s)
Lapangan Utama	10	15	0,9	1100	1140
Tribun	3,8	600	0,06	580	2314,8
Lapangan Utama + Tribun (Pemain)	10	615	0,9	1680	7662
Lapangan Utama + Tribun (Penonton)	3,8	615	0,06	1680	2437,8
Gym	10	7	0,9	40	106
Selasar	3,8	150	0,06	260	585,6
				Total	14246,2
				Rata-rata	2374,366667

$$Vbz = Rp \cdot Pz + Ra \cdot Az$$

Vbz: Breathing Zone Outdoor Airflow (L/s). Laju udara ventilasi
Rp: Kebutuhan udara tiap pengguna (L/s*person)
Pz: Populasi Zona. Perkiraan pengguna terbanyak ruang
Ra: Kebutuhan udara per meter suatu ruang (L/s*m2)
Az: Luas Area lantai ruangan (m2)

Sumber : Hasil Penelitian tahun 2022

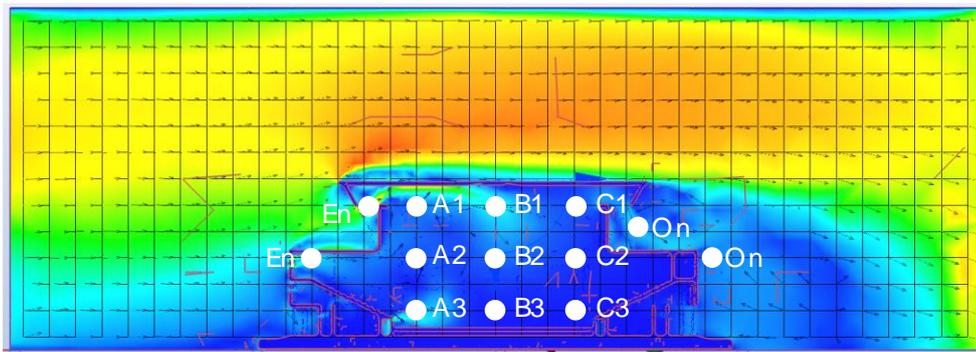
Tabel 2.0 Kebutuhan ACH GOR UII

Ruang	q (m3/s)	V (m3)	ACH
Lapangan Utama	1,14	16000	0,2565
Tribun	2,3148	2500	3,333312
Lapangan Utama + Tribun (Pemain)	7,662	18500	1,490983784
Lapangan Utama + Tribun (Penonton)	2,437	18500	0,474227027
Gym	0,106	110	3,469090909
Selasar	0,5856	750	2,81088
Total			11,83499372
Rata-rata			1,972498953

$ACH = 3600 q / V$

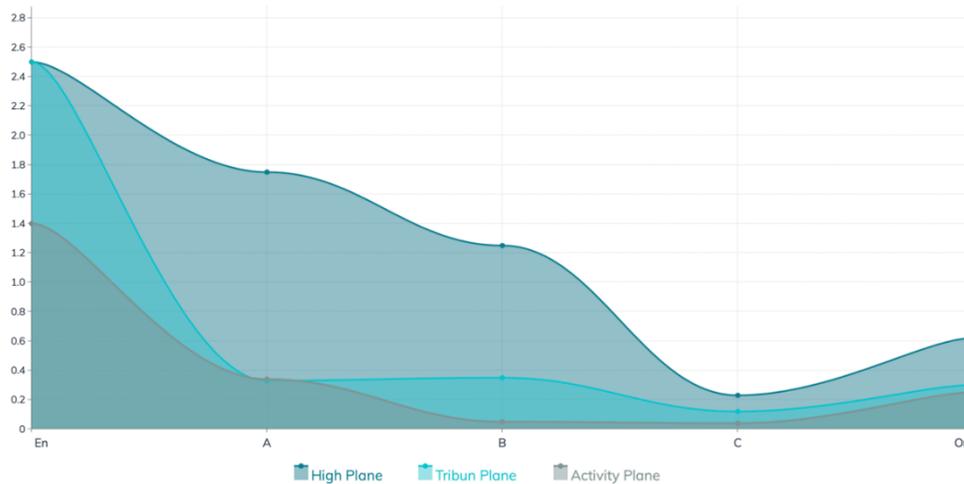
ACH: Air Change per Hour
q: Udara yang mengalir pada ruang (m3/s)
V: Volume ruangan (m3)

Sumber : Hasil Penelitian tahun 2022



Gambar 3.0 Hasil Simulasi CFD terhadap GOR UII

Sumber : Simulasi Autoodesk CFD 2022



Gambar 2.0 Hasil Simulasi CFD terhadap GOR UII

Sumber : Simulasi Autoodesk CFD 2022

Kecepatan angin lingkungan yang disimulasikan adalah 2,5 m/s. Data kecepatan angin yang dibutuhkan untuk mengukur nilai ACH bangunan diambil dari kecepatan angin di dekat bukaan ventilasi. Akses masuk angin melalui ventilasi di bangunan GOR UII terdiri dari 3 akses. Pertama, melewati ventilasi atap (High Plane) dengan tipe awning yang mempunyai tingkat aliran 40% mempunyai kecepatan mencapai 2,5 m/s. Kedua, akses angin melalui ventilasi di area tribun (Tribun Plane) dengan tipe bukaan casement mempunyai kecepatan yang mencapai 2,5 m/s. Dan ketiga, akses angin yang melalui ventilasi di lantai dasar

(Activity Plane) dengan tipe bukaan casement juga mempunyai kecepatan yang mencapai 1,4 m/s.

Hasil simulasi CFD berupa satuan kecepatan (m/s) dimana harus dirubah menjadi satuan mass flow rate (m³/s) untuk mengetahui nilai lajur ventilasi ventilasi bangunan. Data selanjutnya yang dibutuhkan mengetahui data tersebut adalah total bukaan ventilasi (m²). Kemudian dihitung dengan rumus seperti di bawah.

Tabel 3.0 Hasil Simulasi Lajur Ventilasi

Ruang	V (m/s)	A (m ²)	Q (m ³ /s)
Lapangan Utama (High Plane)	2,5	451	28,1875
Lapangan Utama (Activity Plane)	1,4	451	15,785
Tribun	2,5	16	1
Gym	0,15	14	0,0525
Selasar	0,06	25	0,0375
LU + Tribun Combine	2,5	451	28,1875

$$Q = 0.025 \times A \times v$$

A is the area of the opening (m²), v is the wind speed at the opening (m/s), and 0.025 is the multiplier.

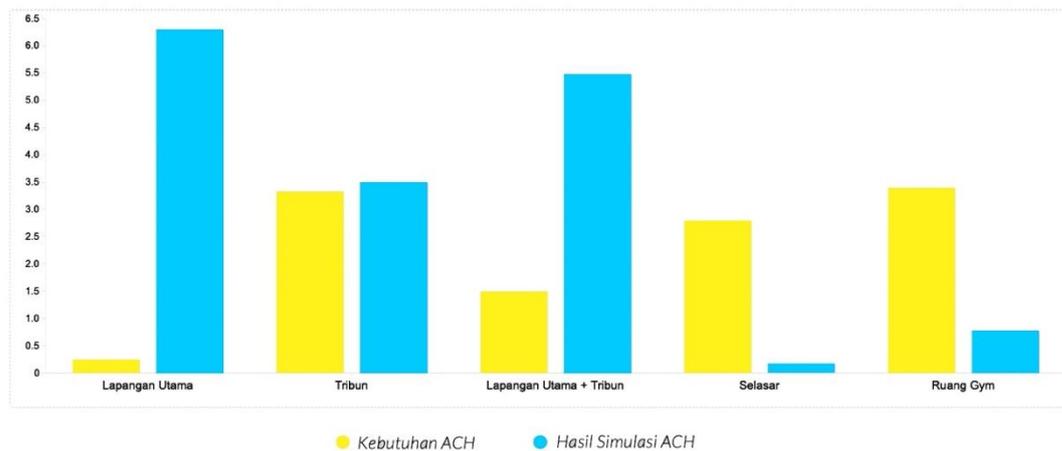
Sumber : Hasil Penelitian tahun 2022

Simulasi di area lapangan diambil 2 segmen perhitungan dikarenakan perbedaan kecepatan angin di dekat bukaan dan juga untuk memberi variasi perhitungan agar bisa mendekati ketelitian hasil. Lajur ventilasi menunjukkan nilai paling tinggi di lapangan utama bagian atap/high plane yang dimana mencapai 28,18 m³/s. Hal ini dikarenakan luas bukaannya yang tinggi dan letaknya di ketinggian sehingga mendapatkan angin lebih besar. selanjutnya bisa dilakukan perhitungan nilai ACH bangunan GOR UIL.

Tabel 3.0 Hasil Simulasi Lajur Ventilasi

Ruang	q (m ³ /s)	V (m ³)	ACH
Lapangan Utama	28,1875	16000	6,3421875
Lapangan Utama (Activity Plane)	15,785	16000	3,551625
Tribun	1	2500	1,44
Gym	0,0525	240	0,7875
Selasar	0,0375	750	0,18
LU + Tribun Combine	28,1875	18500	5,485135135

Sumber : Hasil Penelitian tahun 2022



Gambar 4.0 Perbandingan kebutuhan & hasil simulasi ACH pada GOR UII
Sumber : Hasil Penelitian tahun 2022

Melihat hasil perhitungan nilai ACH yang dihasilkan menunjukkan berbagai macam kemungkinan di setiap area. Perhitungan area lapangan utama menggunakan rujukan nilai lajur ventilasinya pada bagian atap, maka dihasilkan nilai ACH sebesar 6,3 ACH. Untuk lapangan utama dengan rujukan perhitungan data ventilasi di area aktifitas mempunyai nilai mencapai 3,3 ACH, lebih rendah dibanding area ventilasi atap. Area tribun dihitung mempunyai nilai ACH yang mencapai 1,44 ACH. Seperti di awal dijelaskan dikarenakan area lapangan utama dan tribun terletak di ruangan yang tergabung sekaligus berada di jalur sirkulasi angin yang sama, maka peneliti mencoba menghitung keduanya menjadi satu area yang sama. Hasil menunjukkan jika keduanya digabung maka nilai ACH yang dicapai adalah 5,48 ACH. Selasar yang mencapai 0,18 ACH dan area tersebut dihitung secara tersendiri meskipun masih di area yang sama dengan lapangan utama. Kemudian terakhir di area gym yang terletak lebih tersembunyi mempunyai nilai ACH yang mencapai 0,78 ACH.

Keunikan ditemukan di penelitian ini dibagian kebutuhan ACH GOR UII dimana pada observasi awal dihipotesakan kebutuhan ACH akan sangat tinggi mengingat aktifitasnya merupakan olahraga. Namun kebutuhan ACH lapangan hanya mencapai 1,5 ACH sedangkan hasil menunjukkan ACH mencapai 5,48. Salah satu penyebabnya karena volume ruangan yang yang besar mampu menerima kapasitas udara yang banyak sehingga bisa menjadi cadangan udara ketika terjadi pertukaran udara, meskipun berjalan lambat namun masih tetap sesuai persyaratan.

Untuk kenyamanan pemakaian aktifitas berdasarkan salah satu standar olahraga badminton yang membutuhkan membutuhkan kecepatan di bawah 0,2 m/s dan tenis meja yang membutuhkan kecepatan di bawah 0,1 m/s. Dengan kecepatan di lapangan utama di titik tengah lapangan yang mencapai 0,05 m/s menjadikan lapangan utama cukup nyaman untuk digunakan aktifitas badminton dan tenis meja.

KESIMPULAN & REKOMENDASI

Setelah proses perhitungan dan simulasi tentang nilai ACH bangunan GOR UII, maka bisa disimpulkan bahwa “bangunan GOR UII memenuhi persyaratan kebutuhan nilai ACH” untuk area lapangan utama dan tribun penonton berdasarkan perbandingan perhitungan kebutuhan dan simulasi ACH. Kebutuhan ACH di lapangan utama dan tribun mencapai 1,5 ACH dan hasil simulasi menyatakan mencapai 5,48 ACH dengan asumsi lapangan utama dan tribun dihitung dengan spesifikasi yang sama. Sedangkan ruang gym mempunyai

kebutuhan ACH mencapai 3,4 sedangkan hasil simulasinya hanya mencapai 0,78 ACH dan selasar dengan kebutuhan ACH yang mencapai 2,8 sedangkan hasil simulasi hanya mencapai 0,18 ACH menjadikan kedua area tersebut belum memenuhi persyaratan ACH.

Faktor-faktor yang dinilai berpengaruh dalam kebutuhan dan hasil nilai ACH adalah kebutuhan udara setiap pengguna, kebutuhan udara tiap area meter persegi, populasi ruangan, luas ruangan, volume ruangan, jenis ventilasi, dan luas ventilasi. Sehingga ketika kita merancang maka untuk memenuhi kebutuhan ACH harus memperhatikan hal tersebut. Kebutuhan udara setiap aktifitas manusia berbeda-beda, ditunjukkan dengan data kebutuhan udara untuk olahraga yang lebih tinggi karena cepatnya pernafasan sehingga membutuhkan udara segar lebih banyak. Kebutuhan udara tiap meter persegi berpengaruh karena berperan untuk mengetahui kebutuhan kapasitas udara ruangan tersebut berdasarkan aktifitasnya. Populasi ruangan berpengaruh karena ruangan dengan banyak orang banyak tanpa kapasitas udara yang memadai bisa menyebabkan banyak masalah kesehatan dan kenyamanan. Luas ruangan dan volume ruangan sendiri merujuk ke prospek berapa kapasitas udara yang tertampung. Penyesuaian antara ruangan dan pengguna yang berpengaruh ke nilai ACH. Jenis dan luas ventilasi sebagai akses udara masuk ke ruangan sehingga perubahannya akan mempengaruhi nilai ACH secara drastis.

Rekomendasi desain adalah memenuhi persyaratan yang harus dipenuhi selanjutnya, yaitu penyaringan polusi udara. Pada awal studi literatur disebutkan ventilasi merupakan salah satu faktor pembawa kontaminasi udara. Salah satu aplikasi monitor kualitas udara, yaitu IQ Air menyebutkan bahwa rata-rata kualitas udara daerah Sleman mencapai 50-150 US AQI. Usaha awal yang bisa diterapkan adalah memasang penyaring udara beberapa titik di lapangan utama dan tribun. Terutama kondisi pandemi atau pasca-pandemi, virus Covid-19 dapat menyebar dengan kontak melalui cipratan dan kontak tidak langsung dari benda yang terkontaminasi. Virus dapat ditularkan melalui penghirupan partikel aerosol yang terinfeksi dari hasil saat bernapas, berbicara, tertawa, batuk atau bersin. Konsentrasi partikel aerosol di dalam ruangan harus dijaga tetap rendah untuk meminimalkan potensi risiko penularan virus melalui udara. Terutama ketika olahraga yang lebih banyak meningkatkan kinerja tubuh, seperti pernafasan dan keringat. Karena menurut Blocken dkk. (2021), untuk menghindari penularan virus Covid-19 tidak diperlukan meningkatkan efektifitas ventilasi atau sirkulasi udara namun lebih ke mengurangi konsentrasi partikel aerosol dengan menerapkan penyaring udara/air cleaning/air purifier. Perlu diingat bahwa ACH terlebih dahulu yang harus dipenuhi sesuai persyaratan, setelah itu baru menerapkan penyaring udara dikarenakan penyaring udara tidak menghilangkan gas seperti CO₂.

Rekomendasi pada ruang gym sendiri adalah dengan mengganti sistem jendela yang awalnya menggunakan tipe *fixed window* diganti dengan jendela yang bisa dibuka maka tingkat ACH bisa meningkat atau setidaknya terjadi inlet lebih banyak yang memasukkan udara segar ke ruang gym. Simulasi menunjukkan bahwa ACH yang bisa didapat mencapai 4,3 ACH dari kebutuhan 3,5 ACH. Kemudian rekomendasi selasar perhitungannya bisa diikutkan ke lapangan utama karena tidak ada pembatas yang menutup area, namun dikarenakan area tersebut dihitung dan dianalisa secara tersendiri sehingga sulit untuk menentukan nilai secara teliti.

DAFTAR PUSTAKA

Apte, M. G. 2000. Associations Between Indoor CO₂ Concentrations And Sick Building Syndrome Symptoms In US Office Buildings: An Analysis Of The 1994-1996 BASE Study Data. *Indoor air*, 10(4).

- Aydin, Y. C., & Mirzaei, P. A. 2017. Wind-Driven Ventilation Improvement With Plan Typology Alteration: A CFD Case Study Of Traditional Turkish Architecture. *In Building Simulation* (Vol. 10, No. 2, pp. 239-254). Tsinghua University Press.
- Blocken, B., van Druenen, T., Ricci, A., Kang, L., van Hooff, T., Qin, P., ... & Brombacher, A. C. 2021. Ventilation and air cleaning to limit aerosol particle concentrations in a gym during the COVID-19 pandemic. *Building and Environment*, 193, 107659.
- Bralewska, K., Rogula-Kozłowska, W., & Bralewski, A. 2022. Indoor Air Quality In Sports Center: Assessment Of Gaseous Pollutants. *Building and Environment*, 208, 108589.
- Chenari, B., Carrilho, J. D., & da Silva, M. G. 2016. Towards Sustainable, Energy-Efficient And Healthy Ventilation Strategies In Buildings: A Review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 59, 1426-1447.
- Fantozzi, F., & Lamberti, G. 2019. Determination Of Thermal Comfort In Indoor Sport Facilities Located In Moderate Environments: An Overview. *Atmosphere*, 10(12), 769.
- Grande, M. S., & Cao, G. 2019. Air Quality in Sport Facilities. *In E3S Web of Conferences* (Vol. 111, p. 02023). EDP Sciences.
- Giriwijoyo, S. Y. 2005. Manusia dan olahraga. Bandung: Penerbit Institut Teknologi Bandung.
- Huessler, E. M., Hüsing, A., Vancraeynest, M., Jöckel, K. H., & Schröder, B. 2022. Air Quality In An Air Ventilated Fitness Center Reopening For Pilot Study During COVID-19 Pandemic Lockdown. *Building and Environment*, 109180.
- Hendrawati, D. 2021. Natural Ventilation Performance for Schools During a Pandemic and the Post-Pandemic COVID 19. *Journal of Architectural Research and Design Studies*, 5(2), 55-62.
- Lechner, N. 2015. *Heating, Cooling, and Lighting*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Kaijima, S., Bouffanais, R., Willcox, K., & Naidu, S. 2013. Computational Fluid Dynamics For Architectural Design. *Architectural Design*, 83(2), 118-123.
- Mediastika, E. 2010. Ventilasi Alamiah pada Gedung Don Bosko Universitas Atma Jaya Yogyakarta. (diakses pada 17 April, 2022). www.bibsonomy.org/bib/user/yoga/air
- Mirzaei PA, & Haghighat F. 2010. A Novel Approach To Enhance Outdoor Air Quality: Pedestrian Ventilation System. *Building and Environment*, 45: 1582–1593.
- Ramponi, R., & Blocken, B. 2012. CFD Simulation Of Cross-Ventilation For A Generic Isolated Building: Impact Of Computational Parameters. *Building and environment*, 53, 34-48.
- Rutgers, H., & Hollasch, K. 2020. European Health & Fitness Market, Laporan tahun 2020. <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/de/Documents/consumerbusiness/European-Health-and-Fitness-Market-2020-Reportauszug.pdf>,(diakses pada 10 April, 2022).
- Sutiono, D., & Aritonang, L. 2022. Gedung Olahraga. *Jurnal Ruang Luar dan Dalam*, 2(2), 10-17.
- Pangarso, T. A. W. 2012. Penataan Ventilasi Alamiah Di Permukiman Padat Kampung Sayidan Yogyakarta (Doctoral dissertation, UAJY).
- Satish, U., Mendell, M. J., Shekhar, K., Hotchi, T., Sullivan, D., Streufert, S., & Fisk, W. J. 2012. Is CO2 An Indoor Pollutant? Direct Effects Of Low-To-Moderate CO2 Concentrations On Human Decision-Making Performance. *Environmental Health Perspectives*, 120(12), 1671-1677.
- Satwiko, P. 2005. *Fisika Bangunan 1*. Yogyakarta: Andi
- Tham, K. W. (2016). Indoor Air Quality And Its Effects On Humans—A Review Of Challenges And Developments In The Last 30 Years. *Energy and Buildings*, 130, 637-650.
- Umum, D. P. 1994. *Tata Cara Perencanaan Teknik Bangunan Gedung Olahraga*. Bandung: Yayasan LPMB.
- WHO. World health organization, 2016. *WHO releases country estimates on air pollution exposure and health impact*.