

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu masalah yang sering dihadapi dalam era masa kini adalah mengenai polusi udara dan kualitas udara, khususnya di dalam ruangan tertutup (indoor). Paparan polusi udara dalam ruangan dapat terjadi pada ruangan pribadi atau umum, salah satunya pada ruang perkuliahan atau sekolah. Beberapa polutan dalam ruangan berasal dari luar atau dari dalam ruangan itu sendiri. *Furniture*, bahan konstruksi, mikro-organisme seperti jamur, bakteri, serangga dapat menimbulkan polutan dalam ruangan. Kelembapan dan kurangnya ventilasi juga dapat meningkatkan polusi udara dalam ruangan. Karena udara dalam ruangan mengandung campuran polutan yang berbeda, maka dapat menyebabkan masalah kesehatan seperti penyakit pernapasan seperti asma, alergi, dan kemungkinan kanker paru-paru (Stewart, 2007).

Perubahan iklim dan peningkatan energi juga berdampak bagi kualitas udara dalam ruangan. Kondisi cuaca ekstrim atau pada kondisi ketinggian gedung sangat berpengaruh bagi peningkatan isolasi panas tambahan dan penurunan ventilasi yang menjadi terlalu tinggi atau rendah suhu ruangan pada masalah kelembapan. Pada dasarnya polutan udara meliputi substansi fisik, kimia, atau biologi yang berada di udara dengan jumlah yang besar dan dapat membahayakan bagi manusia. Adapun polusi yang dapat menyebabkan timbulnya polusi yaitu gas dan *particulate*.

Seperti yang diketahui bahwa aktivitas manusia yang berada dalam ruang seperti pada penggunaan OHP (Overhead Projector), spidol atau kapur tulis juga menimbulkan partikel-partikel baru yang membahayakan bagi kesehatan. Salah satu jenis partikel yang terkandung dari penggunaan bahan di atas yaitu partikel jenis ultrafine yang berukuran nanometer (Daher, 2009). Partikel ultrafine sangat berdampak besar bagi kesehatan manusia dan mengganggu kenyamanan untuk belajar-mengajar dalam ruang perkuliahan berlangsung (Hsien-Wen Kue, 2010).

Dalam tinjauan kritis *Mendell and Health (2005)* membuktikan bahwa siswa yang berada di dalam ruangan sekolah akan menghabiskan sebagian besar waktu mereka di lingkungan

indoor dan oleh karena itu kualitas lingkungan yang buruk di dalam ruangan sekolah memiliki dampak besar pada kinerja dan kehadiran siswa. Lingkungan dalam ruangan yang buruk di sekolah mungkin disebabkan karena operasional yang tidak memadai dan pemeliharaan sistem ventilasi, dalam ruangan jarang dibersihkan, dan sejumlah besar siswa dalam kaitannya dengan bidang ruang dan volume, dengan konstan ulang suspensi partikel dari permukaan dalam ruangan (Almeida, 2010).

Ada bukti dari studi epidemiologi yang dikutip oleh William (1999) bahwa adanya peningkatan morbiditas dan kematian terkait dengan peningkatan eksposur untuk partikel ukuran kecil. Walaupun studi yang diteliti mengandalkan data partikel *outdoor*, kebanyakan orang eksposur untuk partikel yang berada di dalam ruangan ber AC. Udara yang berada di dalam ruangan memiliki partikel yang terdapat di dalam ruangan tersebut yang dihasilkan oleh partikel itu sendiri dan partikel dari luar ruangan akan masuk ke dalam ruangan. Informasi pada variasi waktu konsentrasi partikel dan ukuran distribusi yang berada di dalam ruangan ber AC menunjukkan bahwa efektivitas efisiensi partikel yang berada dalam ruangan ber AC tinggi sehingga kemungkinan bisa terjadi gejala gangguan kesehatan. Partikel ultrafine (UFPs) merupakan salah satu jenis partikulat dalam kualitas udara di dalam ruangan yang dapat masuk dengan mudah ke dalam tubuh manusia khususnya melalui saluran pernafasan. Karena partikel ultrafine ini memiliki ukuran nanometer, maka dengan mudahnya partikel tersebut masuk ke dalam paru-paru manusia yang berada di dalam ruangan tersebut serta dikarenakan kuantitas di udara yang sangat besar hingga dapat masuk ke dalam paru-paru maka partikel ultrafine menjadi perhatian utama dibagian kesehatan khususnya pada pernafasan (Sogacheva, 2008). Hal ini berlaku juga dimana seluruh mahasiswa yang melakukan aktivitas perkuliahan di dalam kelas akan menghirup UFPs ini di luar kesadarannya. Jika dilihat secara umum, peningkatan jumlah mahasiswa dan karyawan di Universitas Brawijaya Malang setiap tahunnya maka otomatis polutan yang berada di area kampus semakin meningkat. Oleh karena itu perlu dilakukan pengukuran kualitas udara khususnya pada konsentrasi partikel ultrafine yang berada di dalam ruang perkuliahan di area Fakultas MIPA Universitas Brawijaya Malang. Agar dapat mengetahui besarnya konsentrasi dan jumlah partikel ultrafine yang

berada di dalam ruangan maka digunakan suatu alat yang dinamakan *Ultrafine Particle Counter*.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang dapat dirumuskan dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana mengukur besarnya konsentrasi partikel ultrafine yang berada di dalam ruangan (indoor) pada ruang perkuliahan di jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Brawijaya Malang.
2. Bagaimana pengaruh konsentrasi partikel ultrafine yang berada di luar ruangan terhadap konsentrasi partikel ultrafine yang berada di dalam ruangan RF1 dan RF2.
3. Bagaimana pengaruh AC terhadap konsentrasi partikel ultrafine yang berada di dalam ruangan RF1 dan RF2.
4. Bagaimana pengaruh jumlah orang terhadap konsentrasi partikel ultrafine di dalam ruangan RF1 dan RF2.

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian dapat berjalan sesuai dengan yang diharapkan, dari rumusan masalah diperoleh beberapa batasan masalah penelitian, pertama konsentrasi partikel ultrafine yang terukur tidak dikaitkan dengan kelembaban dan suhu. Partikel Ultrafine yang dihasilkan oleh penggunaan OHP (Overhead Projector), spidol atau kapur tulis tidak diukur dalam penelitian.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan:

1. Untuk mengetahui seberapa besar konsentrasi partikel ultrafine yang berada di dalam ruangan perkuliahan di jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Brawijaya Malang.
2. Untuk pengaruh konsentrasi partikel ultrafine yang berada di luar ruangan terhadap konsentrasi partikel ultrafine yang berada di dalam ruangan RF1 dan RF2.
3. Untuk pengaruh AC terhadap konsentrasi partikel ultrafine yang berada di dalam ruangan RF1 dan RF2.
4. Untuk pengaruh jumlah orang terhadap konsentrasi partikel ultrafine di dalam ruangan RF1 dan RF2.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai kualitas udara di dalam ruang perkuliahan sehingga dapat dilakukan peningkatan kualitas udara di dalam ruangan tertutup.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Udara

Udara adalah suatu campuran gas yang terdapat pada lapisan yang mengelilingi bumi. Komposisi campuran gas tidak selalu konstan. Kualitas dari udara yang berubah komposisinya dari komposisi udara alamiahnya berasal dari udara yang tercemar, sehingga udara merupakan komponen kehidupan yang sangat penting untuk kelangsungan hidup manusia maupun makhluk hidup lainnya seperti tumbuhan dan hewan. Udara yang telah tercemar akan mengakibatkan dampak buruk bagi manusia, khususnya pada polutan dalam ruangan kelas. Tingkat polutan udara dalam ruangan dapat 2-5 kali atau 100 kali lebih tinggi dari tingkat outdoor. Polutan udara dalam kelas dapat menyebabkan ketidaknyamanan kelas, masalah kesehatan dalam jangka panjang atau jangka pendek seperti asma, infeksi saluran pernafasan, reaksi alergi, sakit kepala, batuk, bersin, kelelahan, pusing dan mual sehingga kualitas dalam suatu ruangan yang buruk akan mempercepat kerusakan bangunan (EPA, 2011).

Parameter polutan udara didasarkan pada baku mutu udara ambien menurut Peraturan Pemerintah Nomor 41 tahun 1999, terdiri dari Sulfur dioksida (SO_2), Karbon monoksida (CO), Nitrogen dioksida (NO_2), Ozon (O_3), Hidro karbon (HC), PM 10, Partikel debu (PM 2,5), TSP (debu), Pb (Timah Hitam). Berikut ini adalah standar kualitas udara yang berada di Indonesia (Sinaga, 2006).

Tabel 2.1 Standar Kualitas Udara di Indonesia

Polutan	Waktu Pengukuran	Baku Mutu
Sulfur Dioksida (SO_2)	24 jam	0,10 ppm
Oksida Nitrogen (NO_2)	1 jam	0.05 ppm
Oksidan	24 jam	0,05 ppm
Debu/partikulat	1 jam	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Ozon (O_3)	1 jam	235 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Sedangkan kualitas udara pada beberapa Negara lain yang berada di di dunia dapat ditunjukkan sebagai berikut (Baldasano, et al, 2003).

Tabel 2.2 Standar Kualitas di Beberapa Negara Lain ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Area	SO ₂	NO ₂	PM ₁₀	Ozon						
	1 th	24 jam	1 jam	1 th	24 jam	1 jam	1 th	24 jam	8 jam	1 jam
Eropa	20	125	350	30		200	40	50	120	180
Mexico	79	341		300	1000					165
USA	80	365	1300	100			50	150	157	235
Argentina	70		2620		282	846				195
Bolivia	80	365		100		320	50	150		263
Colombia	100	400	1500		100					160
Brunei	50	125	350		100	300	60	100	60	120
Jepang		110	260		80		100	200		120
Thailand	100	300	780			320	50	120		200
Australia	57		715			301				244
New Zealand	50	125	350		100	300	40	120	100	150

Sumber: Baldasano, 2003.

Dari jenis polutan dan zat pencemar udara yang terdapat di Indonesia dan di beberapa Negara dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis:

a) Pencemar Primer (Primary Pollutants)

Pencemar primer dihasilkan oleh partikulat, NO_x, CO, SO₂, dan lain sebagainya. Polutan tersebut merupakan polutan yang dikeluarkan langsung dari sumber tertentu seperti senyawa karbon (hidrokarbon, karbon dioksida),

senyawa nitrogen (sulfur dioksida dan amonia), senyawa halogen (fluor, klorin, bromin), dan partikulat seperti asap, debu, uap, kabut, dan lain sebagainya (Sucipto, 2007).

b) Pencemar Sekunder (Secondary Pollutants)

Pencemar sekunder terbentuk oleh interaksi kimiawi antara pencemar primer dan senyawa penyusun atmosfer alami. Pencemar tersebut dihasilkan oleh NO_2 , Ozon (O_3), *Peroxy Acetyl Nitrate* (PAN), Asam sulfat, asam nitrat, dan lain sebagainya (Fardiaz, 1992).

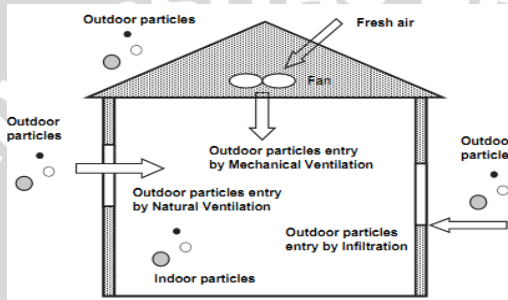
Sedangkan Sucipto (2007), mengatakan polutan sekunder biasanya terjadi karena reaksi dari dua atau lebih bahan kimia yang berasal dari udara, misalnya fotokimia. Polutan ini mempunyai sifat fisik dan sifat kimia yang tidak stabil. Contohnya *Ozon*, *Formaldehyd*, *Peroxy Acetyl Nitrate*.

2.2 Kualitas Udara dalam Ruangan

Kualitas udara saat ini menjadi topik utama yang penting bagi seluruh Negara di dunia. Kualitas udara tergantung pada partikulat dan polutan gas yang diproduksi oleh sejumlah sumber, seperti pembakaran, debu jalan, proses penguapan, dan lain-lain. Jumlah polutan dalam bentuk volume udara dinamakan konsentrasi polutan, terkait dengan dampak terhadap kesehatan dan lingkungan. Polusi atau polutan udara dalam hal partikulat materi atau gas (karbon monoksida, sulfur dioksida, ozon, dan nitrogen dioksida), tidak hanya memiliki dampak serius pada kesehatan manusia, tetapi juga memainkan peran dalam perubahan global. Organisasi kesehatan Dunia (WHO) telah menetapkan pedoman untuk sejumlah polutan untuk mengurangi dampaknya terhadap kesehatan manusia (WHO, 1999). Aspek penting dari kualitas udara adalah adanya partikel halus yang dapat secara langsung atau terbentuk di dalam atmosfer, seperti konversi kimia oksida nitrogen, senyawa organik yang mudah menguap atau mengandung sulfur gas yang dihasilkan oleh emisi. Komponen penting lainnya dalam kualitas udara adalah karbon monoksida, sulfur dioksida, benzene, merkuri dan polutan udara yang berbahaya (NOAA, 2004).

Untuk kualitas baik di indoor dan diperkotaan telah dianalisis dalam hal efisiensi pada ventilasi dan konsep

breathabilitinya. Infiltrasi yang merujuk pada aliran udara yang tidak terkendali melalui celah juga mengakibatkan masuknya partikel luar ruangan. Selain itu, jendela rumah kebanyakan sering ditutup selama sistem AC (Air Conditioner) atau sistem pemanas sedang digunakan. Pada ventilasi alami, dalam hasil tingkat infiltrasinya pertukaran udaranya relatif rendah. Dalam hal ini, filtrasi menjadi jalan utama bagi outdoor dan indoor. Oleh karena itu, pemahaman hubungan antara partikel *indoor* dan *outdoor* sangat penting (Chen, 2010).



Gambar 2.1 Jalur Partikel Keluar-masuknya dalam Ruangan
Sumber: Chen Chun 2010

2.3 Konsentrasi Udara

Komponen yang konsentrasinya paling bervariasi adalah air (H_2O) dan Karbon Dioksida (CO_2). Jumlah uap air yang terdapat di udara bervariasi tergantung dari cuaca dan suhu. Konsentrasi CO_2 di udara selalu rendah sekitar 0.03%. Konsentrasi ini mungkin bias naik, tetapi masih dalam kisaran beberapa per seratus persen, misalnya di sekitar proses-proses yang menghasilkan CO_2 seperti pada pembusukan sampah tanaman, pembakaran, atau di sekitar kumpulan massa manusia di dalam ruangan terbatas yaitu karena pernafasan. Dalam konsentrasi CO_2 yang relatif rendah bisa ditemukan di kebun atau taman tanaman yang sedang tumbuh. Penyebab dari konsentrasi tersebut dikarenakan absorpsi CO_2 oleh tanaman yang mengalami fotosintesis dan karena kelarutan CO_2 di dalam air. Tetapi pengaruh dari proses-proses tersebut terhadap konsentrasi total CO_2 di udara sangat kecil karena rendahnya nilai konsentrasi CO_2 (Fardiaz, 1992).

Pada kondisi normal, kadar gas CO₂ di udara sekitar 330 ppm. Akan tetapi, dengan adanya pembakaran senyawa-senyawa organik, fermentasi, respirasi makhluk hidup, dan letusan gunung berapi maka kadar gas CO₂ dapat meingkat sehingga menjadi zat pencemar udara (Ahira, 2011).

Komposisi udara kering yang bersih yang dikumpulkan di sekitar laut dimana hampir semua uap air telah dihilangkan secara relatif konstan dapat dilihat pada Tabel 1.1. Komposisi udara Kering dan Bersih.

Tabel 2.3. Komposisi udara Kering dan Bersih

Komponen	Lambang	Persen Volume	Ppm
Nitrogen	N ₂	78,08	780 800
Oksigen	O ₂	20,95	209 500
Argon	Ar	0,934	9 340
Karbon dioksida	CO ₂	0,0314	314
Neon	Ne	0,00182	18
Helium	He	0,000524	5
Metana	CH ₄	0,0002	2
Kripton	Kr	0,000114	1

Sumber : Stoker dan Seager, 1972

Keterangan : Konsentrasi gas dinyatakan dalam part permillion (ppm). Jika terdapat gas yang konsentrasinya sangat kecil dinyatakan dalam ppm atau kurang dari 1 ppm.

Jika ditinjau, udara di alam tidak pernah bersih tanpa polutan sama sekali. Gas seperti sulfur dioksida (SO₂), karbon monoksida (CO), dan hydrogen sulfide (H₂S) dianggap dibebaskan ke udara sebagai produk sampingan dari proses-proses alami seperti pembusukan sampah tanaman, aktivitas vulkanik, dan sebagainya. Partikel padatan maupun cairan dengan ukuran kecil dapat tersebar di udara oleh angin, atau gangguan alam lainnya. Selain karena disebabkan oleh polutan alami, polusi udara juga disebabkan karena aktivitas manusia (Fardiaz, 1992).

2.4 Suhu dan Kelembaban Udara

Suhu udara sangat mempengaruhi dalam kenyamanan untuk bekerja karena pada tubuh manusia menghasilkan panas yang berfungsi sebagai metabolisme basal dan muskuler. Dari semua energi yang dihasilkan oleh tubuh manusia hanya beberapa persen saja yang dipergunakan dan sisanya dibuang ke lingkungan. Keputusan Menteri Kesehatan No 261 bahwa Standar Baku Mutu pada suhu ruangan pada lantai 1 dan lantai 2 berada pada suhu standar. Dan pada suhu udara ruangan yang terlalu dingin dapat mengakibatkan gangguan aktivitas manusia, salah satunya gangguan konsentrasi dimana manusia tidak dapat kerja atau beraktivitas dengan tenang karena berusaha untuk menghilangkan rasa dingin pada tubuh mereka. Sedangkan kelembaban udara dimana kelembaban yang ideal antara 40-60%. Kelembaban udara yang relatif rendah yaitu kurang dari 20% ini dapat mengakibatkan kekeringan pada selaput lendir membran, jika kelembaban udara yang relatif tinggi dapat meningkatkan pertumbuhan mikroorganisme. Dan kecepatan aliran udara normal antara 0,15-0,25 m/det (Corie I, 2010).

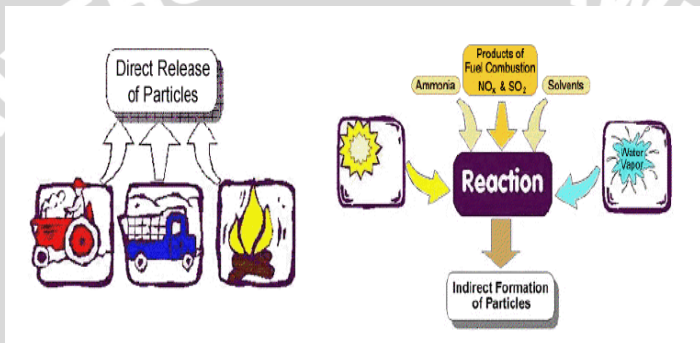
2.5 Particulate Matter (PM)

Particulate Matter (PM) merupakan istilah yang sering digunakan untuk campuran partikel zat padat dan partikel cair yang tersuspensi di udara. Partikel-partikel ini berasal dari berbagai sumber diantaranya pembangkit listrik, proses industri dan kendaraan bermotor. Partikel-partikel tersebut terbentuk di udara (atmosfer) dengan transformasi gas emisi. Adapun komposisi kimia dan komposisi fisiknya tergantung dari lokasi, waktu maupun cuaca dari tempat tersebut.

Particulate matter mempunyai ukuran yang bervariasi dan dibedakan menjadi dua yaitu *fine particle* dan *ultrafine particle*. Fine particle merupakan partikel yang berukuran antara 1µm sampai dengan 10µm. Secara umum partikel ini dibentuk berdasarkan gangguan mekanik (misalnya penghancuran suatu bahan, penggilingan, abrasi penguapan), penguapan semprotan, suspensi dari debu dan sebagainya yang merupakan proses pembentukan partikel dari jenis PM₁₀ dan PM_{2.5}. Sedangkan menurut EPA 2011, ukuran partikel secara langsung dapat mempengaruhi jantung dan

paru-paru hingga menimbulkan efek kesehatan yang serius. EPA mengelompokkan Particulate Matter menjadi dua kategori:

- Inhalable coarse particles, dapat ditemukan di jalan raya dan industri.
- Fine Particles, dapat ditemukan dari asap dan kabut. Partikel ini dapat langsung menyebar ke udara dari kebakaran hutan, pembangkit listrik, kendaraan bermotor (EPA, 2010). Polusi *Fine Particle* terdiri dari partikel mikroskopis di udara yang disebabkan oleh emisi industri, tungku api, kebakaran dan lain-lain (FP3, 2005).

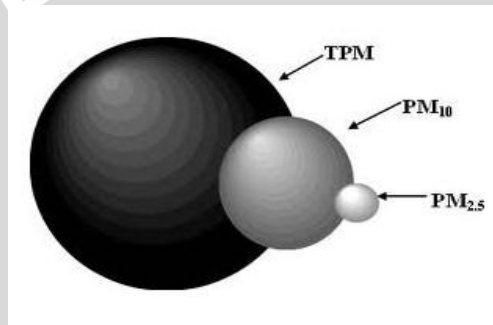


Gambar 2.2 Pembentukan *Fine Particle* di Udara

Ultrafine Particle yang mempunyai ukuran kurang dari 0.1 μm dihasilkan dari gas dan kondensasi uap bertemperatur tinggi selama pembakaran. Partikel ini terdiri dari beberapa partikel sulfat, senyawa nitrat, karbon, ammonium, ion hydrogen, senyawa organik, logam (Pb, Cd, V, Ni, Cu, Zn, Mn, dan Fe) dan partikel air terikat. Sumber utama partikel ini adalah berasal dari proses pembakaran bahan bakar, pembakaran vegetasi, peleburan dan pengolahan logam. Kapasitas partikel untuk menghasilkan efek kesehatan yang merugikan pada manusia tergantung pada deposisi dalam saluran pernafasan. Ukuran partikel, bentuk dan kepadatan mempengaruhi tingkat deposisi. Karakteristik yang paling penting yang mempengaruhi pengendapan partikel dalam sistem pernafasan adalah ukuran partikel dan aerodinamis (Fierro, 2000).

Tabel 2.4 Macam Particulate Matter Beserta Ukurannya

Particulate Matter	Diameter
PM 10	$\leq 10 \mu\text{m}$
PM 2.5	$\leq 2,5 \mu\text{m}$
PM 1	$\leq 1 \mu\text{m}$
PM 0.1	$\leq 0,1 \mu\text{m}$
Coarse Fraction Particulate	$2,5\text{-}10 \mu\text{m}$



Gambar 2.3 Ukuran Partikel di Udara

2.6 Distribusi Ukuran Partikel

Sumber pencemar alami menghasilkan partikel dengan berbagai ukuran dinamakan polydisperse. Ukuran partikel tersebut dapat disebutkan dalam distribusi ukuran. Distribusi ukuran partikel umumnya diwakili menggunakan distribusi ukuran lognormal, dimana konsentrasi partikel dengan ukuran partikel disajikan dengan *count median diameter* (CMD) atau *mass median diameter* (MMD) dalam Gaussian atau normal (bell shaped) ketika partikel diplot pada skala logaritmik. *count median diameter* (CMD) didefinisikan sebagai setengah diameter dari partikel yang memiliki diameter yang lebih kecil dan partikel lainnya memiliki diameter lebih besar. Sementara *mass median diameter* (MMD) adalah setengah massa diameter merupakan kontribusi dari partikel yang lebih besar dan setengahnya oleh partikel lebih kecil. Karakteristik yang ditunjukkan

oleh distribusi ukuran lognormal dan standar deviasi geometrik mewakili lebar puncak distribusi. Setiap sumber polutan yang berbeda dapat menghasilkan satu atau lebih distribusi dinamakan mode pengukuran. Ini berarti bahwa sumber polutan akan melepaskan satu atau lebih partikel dari ukuran yang berbeda. Distribusi ukuran partikel CMD dapat berguna untuk mengkarakterisasi tanda-tanda sumber polutan, misalkan CMD dari beberapa emisi kendaraan umum adalah sekitar $0,1 \mu\text{M}$ untuk kendaraan diesel dan $0,08$ untuk kendaraan berbahan bakar LPG (Morawska, 1998).

Partikel udara dapat ditemukan dalam berbagai ukuran dan bentuk. Partikel yang diameter antara 2.5 dan $10 \mu\text{M}$ dinamakan partikel kasar, dalam hal *massa particle matter* disebut PM₁₀. Partikel kasar dihasilkan dari proses mekanik termasuk menghaluskan (grinding) dari material seperti Kristal dan lain-lain. Partikel yang memiliki diameter antara $0.1 \mu\text{M}$ dan $2.5 \mu\text{M}$ juga dikenal sebagai PM_{2.5} yaitu partikel halus. Partikel ultrafine adalah partikel yang diameter kurang dari $0,1 \mu\text{M}$ dan sebagian besar terdiri dari pembakaran primer (kendaraan bermotor, pembakaran biomassa, dan lain-lain). Sebagian besar partikel ultrafine ditemukan di daerah perkotaan termasuk senyawa organik, logam yang timbul dari emisi sumber gerak (Morawska, 1998). Sebagian partikel ambien diakui sebagai partikel ultrafine. Pembentukan partikel tersebut dikaitkan dengan tiga proses. Yang pertama dinamakan pembentukan langsung, menggambarkan partikel yang berasal dari proses pembakaran yang terkait dengan sumber lalu lintas dan industri (Kittelson, 1998), pembakaran biomassa. Kebanyakan partikel ultrafine yang dihasilkan oleh knalpot kendaraan memiliki ukuran diameter 20 - 130 nm dan untuk mesin diesel dan bensin 20 - 60 nm , serta pembakaran biomassa 30 - 200 nm . Proses pembentukan kedua adalah dengan nukleasi dan kondensasi dari panas, uap jenuh yang dikeluarkan saat pembakaran didinginkan. Mekanisme terakhir dari pembentukan partikel ultrafine adalah reaksi kimia di atmosfer yang mengarah pada pembentukan spesies volatilitas yang rendah pada suhu kamar dapat mempengaruhi partikel ultrafine melalui proses nukleasi (Kulmala, 2004).

2.7 Partikel Ultrafine

Ultrafine partikel merupakan salah satu jenis partikel yang dihasilkan dari pembakaran rokok. Partikel ultrafine ini biasanya diproduksi dari hasil pembakaran, gesekan maupun secara alamiah di udara maupun di air. Dalam suatu sistem pernafasan partikel ultrafine dapat dengan cepat masuk ke sistem pernafasan manusia karena ukurannya yang berukuran nanometer. Partikel ini akan menumpuk di paru-paru dan mampu masuk ke dalam bagian paru-paru yang paling dalam sehingga sulit dihilangkan. Oleh karena itu partikel ultrafine menjadi perhatian yang sangat serius di dunia kedokteran. Pada penelitian sebelumnya telah dinyatakan bahwa asap mainstream dari sebuah rokok telah menghasilkan partikel-partikel antara lain nicotine, CO, PAH, *Aldehid volatile* dan partikel ultrafine.

Partikel yang berada di udara dapat berinteraksi antara partikel yang satu dengan partikel yang lainnya, dimana nantinya interaksi ini dapat menghasilkan partikel baru maupun mengurangi jumlah partikel yang ada di udara. Interaksi partikel yang berada di udara ini dapat diklasifikasikan menjadi tiga yaitu interaksi melalui peristiwa koagulasi, deposisi, dan nukleasi/*nucleation*

- a. Koagulasi, proses yang sifatnya dapat mengurangi konsentrasi partikel-partikel kecil di udara. Proses koagulasi ini terjadi melalui tumbukan antar partikel yang berada di udara dimana partikel yang bertumbukan mempunyai ukuran yang tidak sama. Dari peristiwa tumbukan antar partikel ini, maka akan menghasilkan partikel baru yang ukurannya lebih besar dari partikel yang bertumbukan dan memiliki kandungan komponen kimia yang berbeda-beda.
- b. *Nucleation*, merupakan pembentukan partikel dengan ukuran yang sangat kecil dimana diameter dari partikel yang dihasilkan kurang dari 30 nm. Partikel yang terbentuk dari proses *nucleation* merupakan suatu partikel yang dihasilkan dari konversi gas menjadi partikel. Peristiwa ini dapat terjadi di atmosfer akibat dari proses pembakaran. Partikel akibat proses *nucleation* ini juga dapat tersusun dari uap homogen yang mengalami *nucleation*.
- c. Untuk peristiwa deposisi merupakan peristiwa pengurangan jumlah partikel yang berada di udara. Proses deposisi pada

partikel dapat terjadi melalui dua proses yaitu proses kering dan proses basah. Dimana untuk proses deposisi basah dapat terjadi akibat pengendapan partikel yang terdeposisi oleh air hujan, salju, fog, awan, dan kabut. Sedangkan deposisi kering merupakan transfer partikel secara langsung menuju tanah melalui proses sedimentasi dan *impaction* atau difusi. Untuk proses deposisi kering akan lebih efektif jika terjadi pada *coarse particles*. Sedangkan untuk proses deposisi basah akan lebih efektif jika terjadi pada fine partikel.

(Sogacheva, 2008).

2.8 Dampak Yang di Timbulkan Oleh Partikulat

Keberadaan partikulat yang berada di udara dapat menyebabkan kerugian terutama pada kesehatan. Besarnya dampak yang ditimbulkan oleh partikulat merupakan fungsi dari range ukuran partikel di udara, konsentrasi partikel serta komposisi fisik-kimia partikel di udara. Pada konsentrasi tinggi, partikulat tersuspensi berbahaya terhadap kesehatan manusia terutama pernapasan. Tingkat bahaya dipengaruhi oleh ukuran partikel yang dihirup dan seberapa jauh dapat memasuki saluran pernapasan.

Mekanisme pertahanan saluran terhadap partikulat secara garis besar adalah:

- 40 % partikel dengan diameter 1-2 mikron tetapan dalam bronkheoli dan alveoli.
- Partikel dengan diameter 0,25-1 mikron retensi dalam saluran pernapasan turun karena dapat dibuang saat bernapas.
- Diameter partikel kurang dari 0,25 mikron retensinya menurun yang diakibatkan adanya gerak Brown.

(Alfiah, 2009).

Gangguan yang ditimbulkan dari kualitas udara *indoor* seperti kanker, iritasi selaput lendir, alergi, pengap, nafas pendek/berat, pusing, mual, temperatur suhu dan kelembapan udara. Gejala tersebut dapat terjadi karena efek dari partikulat yang distribusi ukuran partikulat, konsentrasi, serta komposisi fisik dan kimia. Partikulat berukuran tertentu memiliki kemampuan memasuki

saluran pernafasan. Partikulat dengan ukuran $>10\text{ }\mu\text{m}$ akan tersaring oleh bulu hidung, partikulat dengan ukuran $5\text{-}10\text{ }\mu\text{m}$ mencapai *trachea* atau *bronchus*, partikulat dengan ukuran $0,5\text{-}5\text{ }\mu\text{m}$ mencapai alveolus, sedangkan partikulat dengan ukuran $<0,5\text{ }\mu\text{m}$ akan terdifusi ke dalam dinding alveoli (Geombira, 2006).

2.9 Dampak Terhadap Kesehatan Manusia

Dampak yang ditimbulkan oleh partikulat terhadap tubuh manusia sangat berbahaya, hal ini karena partikulat memiliki ukuran yang sangat kecil sehingga partikulat dapat masuk kedalam sistem pernafasan dan masuk ke paru-paru bagian dalam. Partikel udara berdiameter kurang dari $10\text{ }\mu\text{m}$ dan kurang dari $2,5\text{ }\mu\text{m}$ dapat menimbulkan infeksi pada saluran pernafasan karena partikel ini dapat mengendap pada daerah pernafasan khususnya daerah bronki dan alveoli.

Selain itu, partikel ultrafine yang memiliki kandungan kimia berupa karbon hitam dapat mengubah struktur kalsium dalam bagian makro dan merubah sel epitelial yang merupakan bagian primer dan sangat penting dalam aktivitas sel (Donaldson, et al, 2001).

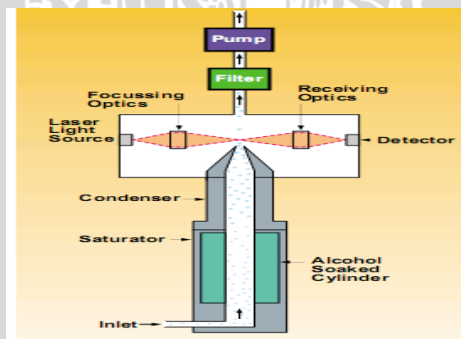
Selain faktor zat aktif yang dibawa oleh polutan tersebut (WHO,2009), ukuran polutan juga sangat menentukan lokasi anatomis terjadinya deposit polutan dan serta efeknya terhadap jaringan sekitar. *Fine* partikel ($<1\mu\text{m}$) dapat dengan mudah terserap masuk ke pembuluh darah sistemik. Berikut ini beberapa mekanisme biologis bagaimana polutan udara mencetuskan gejala penyakit:

- Timbulnya reaksi radang/inflamasi pada paru, misalnya akibat ozon.
- Terbentuknya radikal bebas oksidatif, misalnya PAH (*polyaromatic hydrocarbons*).
- Modifikasi ikatan kovalen terhadap protein penting intraselular seperti enzim-enzim yang bekerja dalam tubuh.
- Komponen biologis yang menginduksi inflamasi/peradangan dan gangguan sistem imunitas tubuh, misalnya golongan glukukan dan endotoksin.
- Stimulasi sistem saraf otonom dan nosioreseptor yang mengatur kerja jantung dan saluran napas.
- Efek *adjuvant* (tidak secara langsung mengaktifkan sistem imun) terhadap sistem imunitas tubuh, misalnya logam golongan transisi dan DEP (Diesel Exhaust Particulate).

- Efek *procoagulant* yang dapat mengganggu sirkulasi darah dan memudahkan penyebaran polutan ke seluruh tubuh, misalnya *ultrafine* Partikel.

2.10 Cara Kerja Pengukuran Partikel Ultrafine

Partikel ultrafine dapat mendeteksi partikel yang berukuran 0,02 sampai 1,0 μm serta mengukur konsentrasi partikel antara 0 sampai 500.000 partikel/ cm^3 . Pada dasarnya, prinsip kerja pengukuran ini sama seperti prinsip kondensasi, dimana zat yang dikondensasikan berupa isopropyl alkohol. Kemudian sampel udara yang terdiri dari partikel ultrafine akan ditarik atau disedot masuk ke dalam probe 0,71 L/menit (air flowrate). Setelah sampel udara masuk ke dalam alat instrument, maka partikel ultrafine selanjutnya akan masuk ke dalam tabung saturator dimana di dalam tabung saturator ini terdapat alkohol yang telah dikondensasikan menjadi uap alkohol. Partikel ultrafine dan uap alkohol yang telah bercampur selanjutnya masuk ke dalam tabung kondenser dimana uap alkohol akan menjadikan partikel ultrafine memadat dan menjadi butiran-butiran, yang mana padatan ini akan lebih mudah untuk dihitung. Padatan partikel ini akan jatuh dan mengenai fokus dari sinar laser yang berupa kilasan cahaya. Dimana saat padatan jatuh, maka kilasan cahaya laser akan terhalang. Kilasan cahaya laser yang diteruskan akan dideteksi oleh sensor yang dinamakan *photodetector* dan hasilnya akan dihitung untuk menentukan besar konsentrasi partikel ultrafine yang berada disekitar lingkungan.



Gambar 2.4 Prinsip Kerja Pengukuran Partikel Ultrafine

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Gedung Fisika yaitu pada RF1 dan RF 2 yang dilaksanakan pada tanggal 10 Juni sampai 26 Juni 2012 yang berlokasi di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya Malang.

3.2 Peralatan Dan Bahan Penelitian

3.2.1 Peralatan

1. *P- Trak Ultrafine Particle Counter Model 8525 TSI*

P-track Ultrafine Particle Counter Model 8525 atau dinamakan UPC digunakan untuk mengukur konsentrasi partikel yang berukuran lebih kecil dari mm. Partikel kecil ini akan diperbesar dengan mengkondensasikan pelarut tertentu (air atau alkohol) pada permukaan partikel sehingga dapat terdeteksi secara fotometrik. Sampel udara pada P-Trak ditarik masuk ke dalam instrumen dengan air flowrate 0,71/menit.



Gambar 3.1 P- Trak Ultrafine Particle Counter Model 8525 TSI

2. *Anemomaster A031 Kanomax*

Anemomaster Kanomax merupakan alat yang digunakan untuk menentukan kecepatan aliran udara di lingkungan. Dalam penelitian ini alat tersebut digunakan untuk menentukan atau menghitung kecepatan udara yang terdapat di luar ruangan serta di dalam ruang perkuliahan dan mengukur suhu ruangan yang terdapat di ruang perkuliahan atau di luar ruangan.



Gambar 3.2 Anemomaster Kanomex A031

3. *Hygrometer Analog*

Hygrometer merupakan suatu alat untuk mengukur dan suhu udara biasa dan yang kedua untuk mengukur kelembaban. Hygrometer ini digunakan untuk mengetahui kelembapan udara pada suatu ruangan indoor yang akan diteliti.



Gambar 3.3 Hygrometer Analog

4. Microsoft Excel 2010

Microsoft Excel 2010 merupakan software yang digunakan mengolah data. Data yang berada pada P-track atau UPC akan di olah dalam bentuk perhitungan dan grafik. Sehingga dapat diketahui hasil perumusan dan grafik yang telah diolah.

3.2.2 Bahan

1. Isopropyl alcohol

Larutan isopropyl alcohol merupakan nama untuk senyawa kimia dengan rumus molekul C_3H_8O . larutan ini tidak berwarna, tetapi memiliki bau yang kuat dan mudah terbakar.



Gambar 3.4 Isopropyl Alcohol

Tabel 3.1 Deskripsi Ruang Perkuliahan BerAC dan Non AC

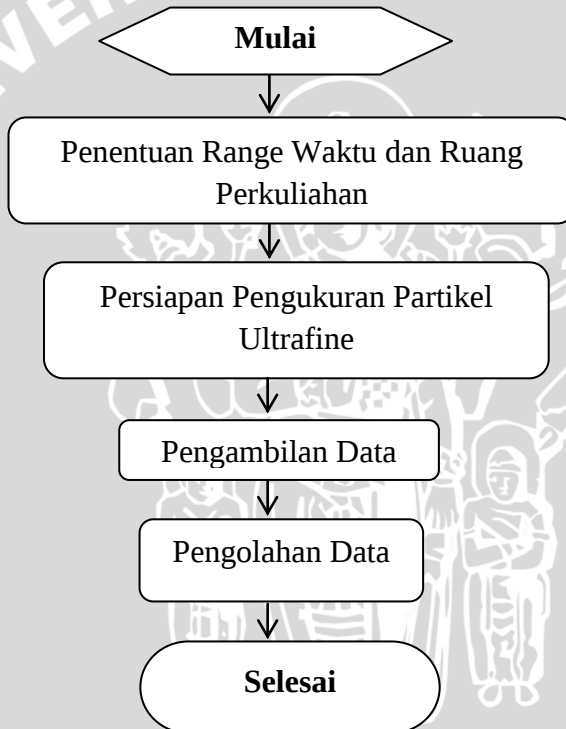
Ruang	Luas area (m^2)	Volume (m^3)	Fasilitas Ruangan
RF 1	79,60	238,65	1 papan tulis, 1 LCD, 1 layar LCD, 2 AC, 52 kursi mahasiswa, 1 meja dan kursi dosen
RF 2	40,19	140,66	1 papan tulis, 1 LCD, 1 layar LCD, 1 AC, 40 kursi mahasiswa, 1 meja dan kursi dosen

3.3 Proses Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu :

- a. Melakukan penentuan waktu dan tempat pengukuran
- b. proses pengujian dan pengesetan keseluruhan alat
- c. Pengambilan data pengukuran
- d. Pengolahan data
- e. Analisa data

Diagram alir dari tahapan penelitian disajikan seperti dibawah ini :



3.4 Tahap Penelitian

3.4.1 Melakukan Penentuan Range Waktu dan Ruang Perkuliahan

Dalam penentuan waktu dan tempat pengukuran diharapkan agar memperhatikan waktu efektif atau kegiatan aktif /tidak aktif kuliah di semua tempat perkuliahan, karena pada waktu pengambilan data tidak bisa diprediksi saat kapan ruangan perkuliahan digunakan atau tidak. Berdasarkan hal ini, maka pengukuran dilakukan saat jam kerja yaitu antara pukul 07.00 WIB sampai 14.00 WIB setiap harinya.

Tempat pengukuran yang dipilih adalah 2 ruangan perkuliahan yang menggunakan AC dan 2 ruangan perkuliahan non AC yaitu Jurusan Fisika (RF1 dan 2), Pengambilan data di dalam ruangan dibuat variabel, karena pada saat pengukuran berlangsung kami diharapkan menyesuaikan kondisi luas ruangan perkuliahan serta jumlah mahasiswa berada diruangan tersebut.

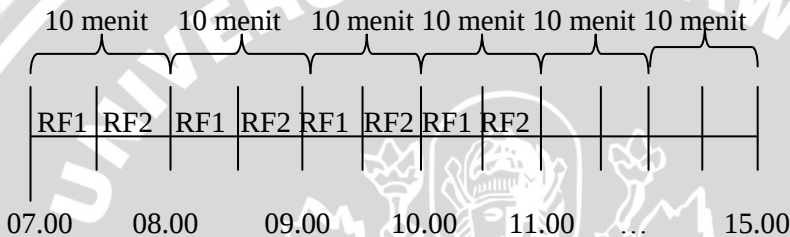
3.4.2 Proses Persiapan Pengukurukan Partikel Ultrafine

Pada tahap ini diharapkan agar memahami cara penggunaan alat terlebih dahulu kemudian baru dilakukan pengoperasian apada masing-masing alat. Untuk alat *P-track ultrafine particle counter* model 8525, langkah awal yang harus dilakukan adalah mempersiapkan katrid alkohol, probe, sumber listik, jika persiapan sudah selesai maka langkah selanjutnya memasang katrid alkohol yang sudah diisi dengan isopropyl alkohol pada alat P-Track. Digunakan pemasangan katrid alkohol ini agar partikel ultrafine yang disedot ke dalam probe dapat dideteksi oleh P-Track tersebut.

3.4.3 Pengambilan Data Pengukuran

Tahap penelitian yang dilakukan setelah semua alat siap yaitu memasang probe pada *particulat counter* dimana probe ini berfungsi untuk menarik masuk sampel udara yang mengandung partikel ultrafine ke dalam instrumen. Kemudian mengoperasikan alat *P-track ultrafine particle counter* model 8525. Setelah alat dalam keadaan on, langkah selanjutnya yaitu mengoperasikan *particulat counter* dalam

mode log agar nantinya data dapat tersimpan secara otomatis (tiap 10 detik). Sedangkan untuk mengetahui keadaan lingkungan sekitar seperti kecepatan angin dan suhu digunakan alat ukur Anemomaster Kanomax A031, serta Hygrometer untuk mengukur kelembapan yang berada di ruang perkuliahan dan luar ruangan perkuliahan. Untuk pengambilan data dimulai dari jam 07:00 sampai 14:00 setiap 10 menit.



Gambar 3.5 Katrid Alkohol

3.4.4 Pengolahan Data

Data hasil pencacah partikel ultrafine yang tersimpan pada alat UPC *p-track* didownload ke komputer. Data yang di download ini berupa file berektensi tkp dimana data ini nantinya akan di ekspor ke Microsoft Excel. Sebelum di ekspor ke Microsoft Excel, data dipilih berdasarkan waktu dan hari pengukuran. Kemudian dari data yang telah dipilih dan dipilah akan dihitung nilai rata-rata konsentrasi partikel ultrafine tiap 10 menit. Selanjutnya nilai rata-rata

konsentrasi partikel ultrafine tiap 10 menit yang telah diperoleh diplotkan berdasarkan pada hubungan antara waktu dengan jumlah partikel ultrafine yang tercacah, dimana partikel yang tercacah dalam satuan partikel/cm³ (partikel/cc). Selain itu diplotkan pula hubungan konsentrasi partikel dengan pengaruh AC, hubungan konsentrasi dengan jumlah orang serta hubungan konsentrasi partikel di dalam ruangan terhadap konsentrasi partikel ultrafine di luar ruangan. Agar dapat mencari nilai rata-rata konsentrasi partikel digunakan rumusan sebagai berikut:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \quad (3.1)$$

Dimana : $\bar{x}$ adalah nilai rata-rata

x_i adalah hasil pengukuran ke-i

n adalah banyaknya pengulangan pengukuran

Untuk mencari nilai ralat dari pengukuran digunakan deviasi standar rata-rata dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\Delta x = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}} \quad (3.2)$$

Sedangkan untuk mencari nilai korelasi linier dari pengukuran, dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Y = ax + b \quad (3.2)$$

Dimana : Y adalah nilai rata-rata konsentrasi UFP indoor

a adalah harga Y bila X=0

b adalah regresi yang menunjukkan angka peningkatan penurunan variabel.

x adalah nilai rata-rata konsentrasi UFP outdoor

3.4.5 Analisa Data

Dari hasil pengukuran konsentrasi partikel ultrafine, pengukuran jumlah partikel, mahasiswa, suhu dan kecepatan udara serta dari hasil pengolahan data, maka selanjutnya data-data tersebut akan dianalisa menjadi bagaimana hubungan rata-rata konsentrasi partikel ultrafine selama 2 minggu, pengaruh konsentrasi partikel ultrafine di dalam ruangan terhadap konsentrasi partikel ultrafine di luar ruangan, hubungan konsentrasi partikel ultrafine dengan jumlah orang, serta hubungan konsentrasi partikel ultrafine dengan pengaruh AC. Dari data-data yang telah diolah dan diperoleh

selanjutnya akan dianalisa besarnya konsentrasi partikel ultrafine yang berada di dalam ruangan perkuliahan serta faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi dari hasil pengukuran konsentrasi partikel ultrafine pada ruang perkuliahan di jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Brawijaya seperti pengaruh konsentrasi partikel ultrafine di dalam ruangan terhadap konsentrasi partikel di luar ruangan, pengaruh konsentrasi partikel ultrafine dengan jumlah orang, serta pengaruh AC saat tanpa menggunakan AC dan menggunakan AC.



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengukuran Konsentrasi Partikel Ultrafine

4.1.1 Hasil Pengukuran Rata-rata Konsentrasi Partikel Ultrafine di Daerah Penelitian Per 1 Minggu

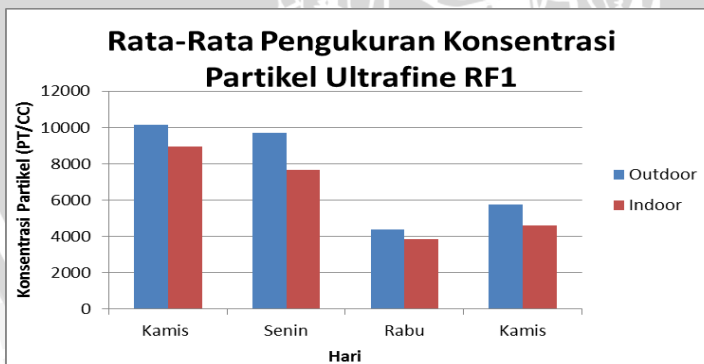
Pengambilan data pertama yang dilakukan adalah mengukur konsentrasi partikel ultrafine, kemudian mengukur kecepatan angin, kelembaban udara dan suhu terlebih dahulu di luar kelas perkuliahan atau gedung depan jurusan Fisika, setelah selesai mengukur di luar ruangan maka tahap selanjutnya mengukur kecepatan angin, kelembaban dan suhu di dalam ruang perkuliahan. Pada dasarnya, penentuan di atas ini pada dalam ruangan maupun di luar ruangan ditentukan beberapa variabel yaitu pada saat tidak adanya aktivitas manusia dengan kondisi menggunakan AC/tidak menggunakan AC dan saat adanya aktivitas manusia dengan kondisi menggunakan AC/tidak menggunakan AC. Pada penentuan kecepatan angin dan suhu baik di luar ruangan maupun di dalam ruangan, ditentukan selama 10 menit (sampai nilai kecepatannya konstan) dengan 3 kali pengambilan data dan kemudian dirata-ratakan. Untuk kelembaban pada *outdoor* dan *indoor* hanya dilakukan 1 kali pengambilan data dan waktu penentuan pada pengambilan data juga dilakukan selama 10 menit setiap 1 jam. Pengukuran ini dilakukan selama 2 minggu. Berdasarkan pada penelitian yang telah dilakukan maka didapatkan hasil grafik pada daerah penelitian yang ditampilkan pada halaman 28.

Untuk mengetahui hasil data mentah atau hasil pengukuran konsentrasi partikel ultrafine keseluruhan dapat di lihat pada CD yang telah dilampirkan pada cover belakang. Hal ini karena hasil data mentah yang dicacah oleh P-Trak sungguh banyak sehingga tidak dapat ditampilkan keseluruhan.

Tabel 4.1 Rata-rata konsentrasi partikel Ultrafine per 1 Minggu RF1

Hari	Jumlah Orang		Konsentrasi UFP (PT/CC)	
	Outdoor	Indoor	Outdoor	Indoor
Kamis	10	4	10149	8955
Senin	20	12	9703	7678
Rabu	20	2	4382	3869
Kamis	20	36	5777	4601

Berdasarkan pada tabel 4.1, terlihat bahwa rata-rata jumlah orang yang berada di gedung Fisika pada 1 minggu, yaitu antara 10 sampai 20 orang selama 10 menit (outdoor) dan 2 sampai dengan 36 orang dengan rata-rata total konsentrasi partikel ultrafine yang dilepaskan ke udara berkisar antara 10149 sampai dengan 5777 outdoor dan 8955 hingga 4601 partikel/cm³. Berikut adalah nilai konsentrasi partikel ultrafine: Kamis, 14 Juni 2012 yaitu 10149 partikel/cm³ outdoor dan 8955 partikel/cm³ indoor, Senin, 18 Juni 2012, yaitu 9703 partikel/cm³ outdoor dan 7678 partikel/cm³ indoor, Rabu, 20 Juni 2012 4382 partikel/cm³ outdoor dan 3869 partikel/cm³ indoor dan hari terakhir Kamis, 21 Juni 2012 5777 partikel/cm³ outdoor dan 4601 partikel/cm³ indoor.



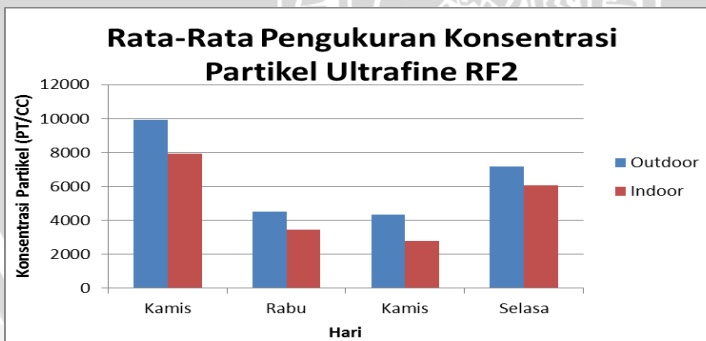
Gambar 4.1 Hasil Pengukuran Rata-rata Konsentrasi Partikel Ultrafine RF 1 Selama 1 Minggu

Pada Gambar 4.1 pengukuran konsentrasi partikel ultrafine RF1 pada hari Kamis, 14 Juni 2012 dan Senin, 18 Juni 2012 didapatkan konsentrasi tertinggi dibandingkan dengan hari lainnya dimana konsentrasi partikel yang didapatkan adalah 10149 pt/cc untuk di luar ruangan dan di dalam ruangan 8955 pt/cc. Sedangkan pada hari Senin pengukuran konsentrasi partikel ultrafine berkisar 9703 pt/cc untuk di luar ruangan dan di dalam ruangan 7678 pt/cc. Mengalami peningkatan konsentrasi partikel ultrafine pada hari pertama dan kedua karena disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya faktor cuaca dan iklim seperti suhu, kelembaban. Dengan adanya suhu yang lebih rendah (20°C - 24°C) pada pagi hari tetapi pada siang hari memiliki suhu tertinggi (25°C - 28°C) maka kelembaban juga akan berpengaruh. Dimana pada pagi hari kelembaban yang dihasilkan tinggi antara 49%-55% dan pada siang hari rendah antara 30%-45%. Menurut Abu (2005), pada daerah yang memiliki suhu terendah dan kelembaban tinggi memiliki banyak kehilangan energi melalui pancaran matahari. Sehingga pada pagi hari matahari yang dipancarkan tidak terlalu mengengat dan kondisi cuaca pada pagi hari relatif dingin (rendah). Selain karena faktor cuaca, ventilasi atau adanya aktivitas yang dilakukan oleh manusia juga sangat mempengaruhi pengukuran konsentrasi partikel yang terukur. Pada pengukuran di luar ruangan memiliki hasil konsentrasi partikel tinggi hal ini karena pada saat proses pengambilan data berlangsung terjadi adanya aktivitas manusia seperti pembersihan jalan, pembangunan gedung, kendaraan bermotor, merokok. Sedangkan pada pengukuran di dalam indoor aktivitas yang dilakukan tidak seberapa banyak hanya melakukan kegiatan menulis. Selain karena faktor yang telah dijelaskan di atas bahwa pengaruh penggunaan AC atau tidak serta jumlah manusia yang berada di dalam ruangan maupun diluar ruangan sangat mempengaruhi hasil pengukuran konsentrasi partikel.

Tabel 4.2 Rata-rata konsentrasi partikel Ultrafine per 1 Minggu RF2

Hari	Jumlah Orang		Konsentrasi UFP (PT/CC)	
	Outdoor	Indoor	Outdoor	Indoor
Kamis	10	4	9944	7910
Rabu	20	2	4512	3460
Kamis	20	55	4328	2781
Selasa	25	28	7182	6085

Berdasarkan pada tabel 4.2, terlihat bahwa rata-rata jumlah orang yang berada di gedung Fisika pada 1 minggu, yaitu antara 10 sampai 25 orang selama 10 menit (outdoor) dan 2 sampai dengan 55 orang dengan rata-rata total konsentrasi partikel ultrafine yang dilepaskan ke udara berkisar antara 9944 sampai dengan 7182 outdoor dan 7910 hingga 6085 partikel/cm³. Berikut adalah nilai konsentrasi partikel ultrafine: Kamis, 14 Juni 2012 yaitu 9944 partikel/cm³ outdoor dan 7910 partikel/cm³ indoor, Rabu, 20 Juni 2012, yaitu 4512 partikel/cm³ outdoor dan 3460 partikel/cm³ indoor, Kamis, 21 Juni 2012 4328 partikel/cm³ outdoor dan 2781 partikel/cm³ indoor dan hari terakhir Selasa, 26 Juni 2012 7182 partikel/cm³ outdoor dan 6085 partikel/cm³ indoor .



Gambar 4.2 Hasil Pengukuran Rata-rata Konsentrasi Partikel Ultrafine RF 2 Selama 1 Minggu

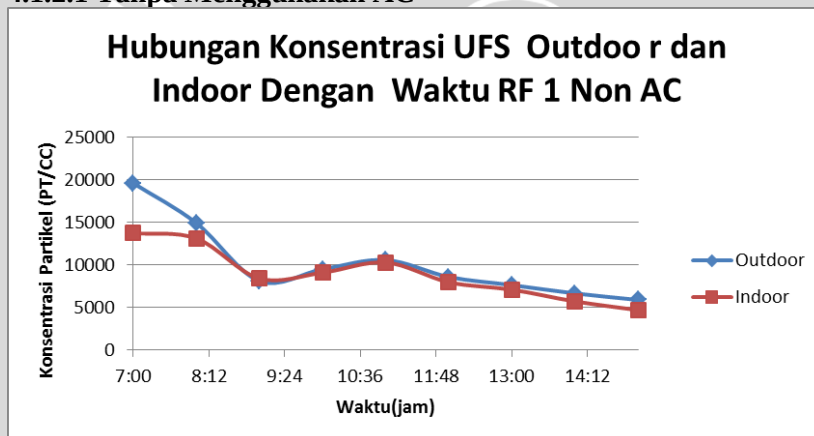
Dari hasil pengukuran konsentrasi partikel ultrafine pada hari Kamis, 14 Juni 2012 didapatkan konsentrasi tertinggi dibandingkan dengan hari lainnya dimana konsentrasi partikel yang didapatkan adalah 9944 pt/cc untuk di luar ruangan dan di dalam ruangan 7910 pt/cc. Begitu juga dengan pada hari keempat (Selasa, 19 Juni 2012) memiliki pengukuran konsentrasi partikel ultrafine yaitu 7182 pt/cc untuk di luar ruangan dan di dalam ruangan 6085. Mengalami peningkatan konsentrasi partikel ultrafine pada hari pertama dan keempat karena disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya faktor cuaca dan iklim seperti suhu, kelembaban. Dengan adanya suhu yang lebih rendah (21°C - 24°C) pada pagi hari tetapi pada siang hari memiliki suhu tertinggi (25°C - 28°C) maka kelembaban juga akan berpengaruh. Dimana pada pagi hari kelembaban yang dihasilkan tinggi antara 49%-55% dan pada siang hari rendah antara 30%-45%. Menurut Abu(2005), pada daerah yang memiliki suhu terendah dan kelembaban tinggi memiliki banyak kehilangan energi melalui pancaran matahari. Sehingga pada pagi hari matahari yang dipancarkan tidak terlalu mengengat dan kondisi cuaca pada pagi hari relatif dingin (rendah) dan dari banyak atau tidaknya konsentrasi partikel ultrafine yang terukur juga mempengaruhi dari faktor suhu dan kelembaban. Dimana saat kelembaban berkisar 30% maka konsentrasi partikel yang dihasilkan semakin sedikit karena adanya kondisi cuaca pada hari tertentu. Selain karena faktor di atas bahwa pengaruh penggunaan AC, jumlah manusia akan mempengaruhi hasil pengukuran konsentrasi partikel dimana dari faktor tersebut akan dibahas lebih lanjut pada halaman 30.

4.1.2 Pengaruh Konsentrasi Partikel Ultrafine Outdoor Terhadap Konsentrasi Partikel Ultrafine Indoor

UPF atau partikel Ultrafine merupakan salah satu jenis partikel yang memiliki kontribusi terbesar dalam total konsentrasi partikel (TSP) yang berada di udara sekitar 80%. Dengan adanya penurunan ukuran partikel maka total partikel dari hasil pembakaran

akan meningkat dan untuk ($PM_{0.1}$) partikel ultrafine akan meningkat mencapai 60% (Morawska and Junfeng, 2002). Dari total partikel tersebut adalah partikel yang berada di udara, dan 71% dari total partikel tersebut merupakan partikel yang berukuran $0,011\mu m$ sampai dengan $0,050\mu m$ serta 90% dari total partikel tersebut partikel dengan ukuran $0,011\mu m$ sampai dengan $0,1\mu m$ (Strainer, et al, 2004). Sedangkan khusus untuk partikel dengan ukuran $0,050\mu m$ hanya memiliki kontribusi 3 % dari total partikel dan untuk partikel dengan ukuran $0,1\mu m$ memiliki kontribusi 87% dari total partikel (Morawska, et al, 2008). Begitu juga dengan konsentrasi partikel outdoor dan konsentrasi indoor dapat ditampilkan pada gambar 4.3.

4.1.2.1 Tanpa Menggunakan AC

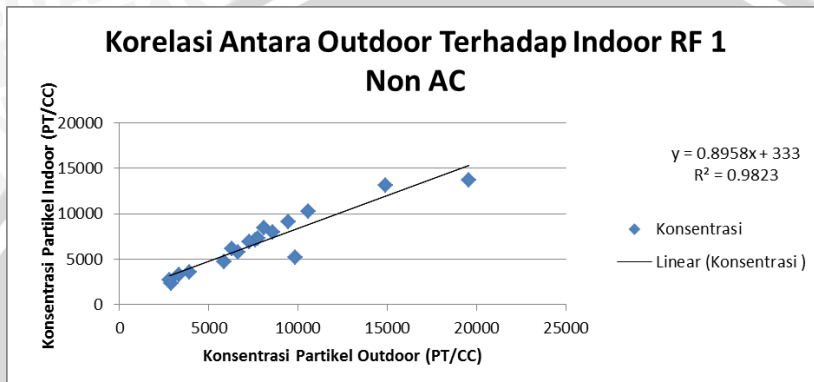


Gambar 4.3 Hubungan Konsentrasi Partikel Ultrafine Terhadap Waktu, RF 1 Tanpa AC

Pengukuran konsentrasi partikel ultrafine pada penelitian ini, waktu pengukuran berlangsung selama 10 menit per jam. Setelah itu hasil pengukuran yang telah tercacah selama 10 menit akan diolah untuk mencari nilai rata-rata dan standar deviasi. Pada konsentrasi partikel ultrafine di luar ruangan saat pukul 07.00 atau dapat dikatakan pagi hari di depan gedung Fisika, konsentrasi partikel mencapai 19584 ± 3121 partikel/ cm^2 . Ketika pukul 08.00 konsentrasi partikel mengalami penurunan menjadi 14898 ± 662 partikel/ cm^2 , pukul 09.00 mencapai 8094 ± 709 partikel/ cm^2 , pukul 10.00 memiliki sedikit kenaikan konsentrasi partikel yang semula 8094 partikel/ cm^2

terjadi penambahan sebanyak ± 709 partikel/cm² dan mencapai 9480 partikel/cm², pukul 11.00 juga semakin bertambah banyak konsentrasi partikel berkisar 10566 ± 2078 partikel/cm² pukul 12.00 konsentrasi partikel mengalami penurunan dengan nilai konsentrasi partikel 8578 ± 119 partikel/cm², pukul 13.00 hingga 15.00 menurunkan konsentrasi partikel antara 7620 ± 74 partikel/cm², 6646 ± 1320 partikel/cm², dan 5878 ± 1360 partikel/cm². Untuk konsentrasi partikel yang berada di dalam ruangan juga sama dengan grafik yang ditampilkan, hanya saja memiliki nilai konsentrasi dan standar deviasai yang berbeda. Diantaranya: pukul 07.00= 13724 ± 739 partikel/cm², pukul 08.00= 13088 ± 456 partikel/cm², pukul 09.00 mencapai 8393 ± 445 partikel/cm², pukul 10.00 9993 ± 209 partikel/cm², pukul 11.00= 10273 ± 219 partikel/cm², pukul 12.00= 7959 ± 378 partikel/cm², pada saat semakin sore yaitu pukul 13.00 hingga 15.00 menurunkan konsentrasi partikel antara 7082 ± 143 partikel/cm², 5708 ± 133 partikel/cm², dan 4683 ± 46 partikel/cm². Sehingga dari Gambar 4.3 bahwa konsentrasi partikel ultrafine baik di indoor ataupun outdoor tidak mengalami perbedaan yang cukup jauh. Pada saat pagi hari (pukul 07.00) konsentrasi partikel udara lebih tinggi dan pada sore hari (pukul 15.00) memiliki konsentrasi partikel yang rendah. Hal ini disebabkan suhu udara pada waktu pagi hari lebih dingin yaitu 21°C dengan kelembaban 49% sedangkan pada siang dan sore hari panas dan kering yaitu 28°C dan 46%. Dengan adanya kondisi udara pada pagi hari yang dikategorikan rendah (dingin) dan lembab maka kerapatan udara yang berada di daerah outdoor maupun di indoor lebih rapat daripada waktu disiang hari ataupun sore hari, sehingga persebaran konsentrasi partikel ultrafine yang berada di daerah gedung Fisika dilepaskan oleh adanya aktivitas atau faktor dari luar seperti keluar masuk gedung. Dan kecepatan udara juga mempengaruhi pengambilan data, jika kecepatan udara semakin besar maka konsentrasi partikel yang dihasilkan juga semakin meningkat. Untuk ruangan indoor, persebaran konsentrasi partikel ultrafine pada RF1 disebabkan karena adanya partikel baru yang masuk ke dalam ruangan tersebut yang berasal dari aktivitas manusia, jumlah orang. Sehingga partikel yang berada di RF1 tersebar hanya di ruangan itu saja dan tidak tersebar secara luas. Jumlah manusia yang berada di RF1 ini tidak begitu banyak sehingga aktivitas manusia yang dilakukan juga sedikit. Dengan 2 orang yang berada di dalam

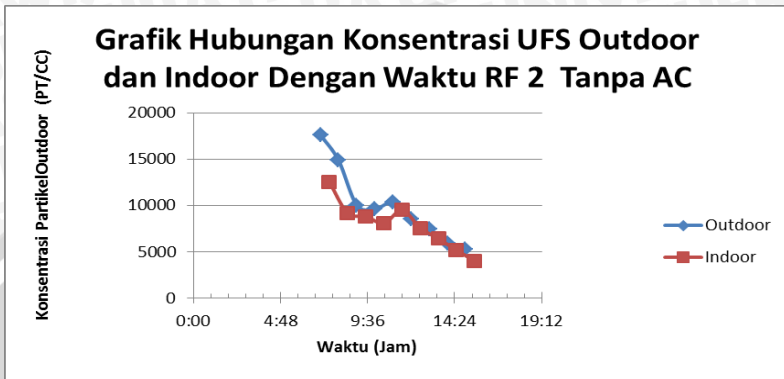
ruangan hanya melakukan kegiatan menulis. Untuk outdoor dapat disebabkan karena adanya aktivitas manusia seperti penggunaan kendaraan bermotor, jumlah manusia yang berada di depan gedung Fisika.



Gambar 4.4 Korelasi Konsentrasi Partikel Ultrafine Outdoor Terhadap Indoor, RF 1 Tanpa AC

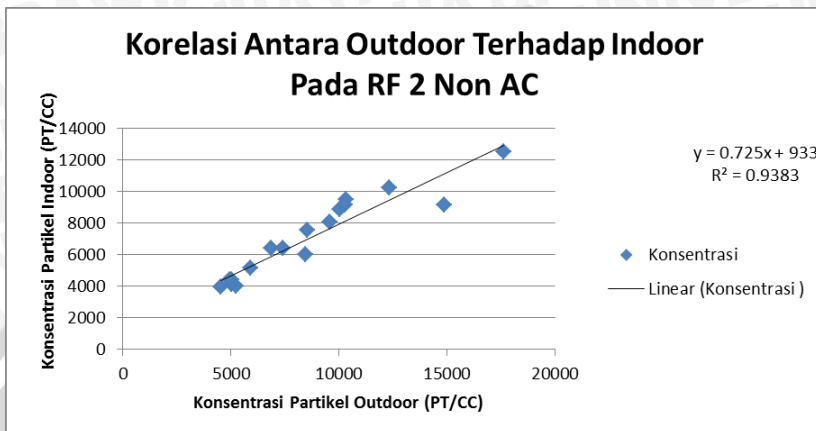
Dari hasil pengujian yang telah dilakukan seperti pada gambar 4.4 dapat diketahui bahwa perubahan konsentrasi partikel outdoor memiliki hubungan yang linier terhadap indoor, dengan persamaan $y=0.8958x+333$. Dimana berdasarkan pada grafik tersebut dapat diketahui y merupakan besarnya konsentrasi partikel ultrafine outdoor, sedangkan x menunjukkan konsentrasi partikel ultrafine indoor. Dengan gambar diatas memiliki nilai korelasi 0.9823. Nilai tersebut dapat diinterpretasikan bahwa hubungan kedua variabel penelitian dikategorikan sangat baik. Salah satunya adalah apabila semakin banyak konsentrasi partikel yang dihasilkan maka juga semakin bertambah konsentrasi UFP. Namun masih banyak faktor lain yang sangat mempengaruhi dari nilai konsentrasi UFP seperti arah dan kecepatan angin juga suhu lingkungan sekitar juga jenis kendaraan.,

Misalnya dari faktor luar atau outdoor yang terdiri dari kendaraan bermotor, aktivitas manusia seperti merokok, menyapu, pembangunan gedung, pembakaran, jumlah orang yang berada diluar. Dan faktor indoor bisa disebabkan karena aktivitas manusia, penggunaan parfum, jumlah orang yang berada di dalam ruangan.



Gambar 4.5 Hubungan Konsentrasi Partikel Ultrafine terhadap waktu, RF 2 Tanpa AC

Begitu juga dengan Gambar 4.5 memiliki konsentrasi partikel ultrafine yang sama seperti gambar 4.3. Pada konsentrasi partikel tertinggi didapatkan pada pagi hari pada jam 07.00 yang mencapai 17632 dengan penambahan konsentrasi partikel sebanyak ± 1721 partikel/cm³ dan pada sore hari mengalami penurunan konsentrasi partikel sebesar 5239 ± 407 partikel/cm³. Untuk konsentrasi partikel ultrafine yang berada di dalam ruangan pada pukul 07.00 terjadi peningkatan konsentrasi partikel pada pagi hari dengan nilai 12498 ± 2032 partikel/cm³. Dan pada sore hari tepatnya pukul 15.00 antara 3994 ± 286 partikel/cm³. Dikategorikan saat pagi hari memiliki peningkatan konsentrasi dari pada di sore karena disebabkan suhu udara pada waktu pagi hari lebih dingin atau rendah. Dengan adanya suhu udara yang dikatagorikan rendah maka kerapatan udara yang berada di daerah outdoor dan di indoor lebih rapat daripada waktu disiang hari ataupun sore hari, sehingga persebaran konsentrasi partikel ultrafine yang berada di daerah gedung Fisika dilepaskan oleh adanya aktivitas atau faktor dari luar seperti keluar masuk gedung. Sedangkan pada saat di indoor, persebaran konsentrasi partikel ultrafine pada RF2 disebabkan karena adanya partikel lain yang berada di dalam ruangan tersebut. Seperti pengaruh banyaknya orang, aktivitas manusia, ataupun partikel yang disebabkan oleh bahan furnitur. Sehingga partikel yang berada di RF2 tersebar hanya di ruangan itu saja dan tidak tersebar secara luas.



Gambar 4.6 Korelasi Konsentrasi Partikel Ultrafine Outdoor Terhadap Indoor, RF 2 Tanpa AC

Pada Gambar 4.6 menunjukkan hubungan atau korelasi konsentrasi partikel ultrafine outdoor terhadap indoor untuk ruangan tidak menggunakan AC. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan seperti pada gambar 4.6 dapat diketahui bahwa perubahan konsentrasi partikel outdoor memiliki hubungan yang linier terhadap indoor, dengan persamaan $y=0.725x+933$. Dimana berdasarkan pada grafik tersebut dapat diketahui y merupakan besarnya konsentrasi partikel ultrafine outdoor, sedangkan x menunjukkan konsentrasi partikel ultrafine indoor. Dan nilai korelasi yang dihasilkan sebesar 0.9383. Nilai korelasi ini menunjukkan bahwa hubungan kedua variabel penelitian dikategorikan sangat baik. Salah satunya adalah apabila semakin banyak konsentrasi partikel yang dihasilkan maka juga semakin bertambah konsentrasi UFP sehingga terjadi peningkatan konsentrasi partikel outdoor ataupun indoor. Namun masih banyak faktor x yang sangat mempengaruhi dari nilai konsentrasi UFP seperti arah dan kecepatan angin juga suhu lingkungan sekitar juga jenis kendaraan. Terdapat beberapa sumber partikel yang dihasilkan, antara lain:

- Faktor Outdoor

Sumber kontaminan debu yang berasal dari luar ruangan umumnya berasal dari emisi kendaraan bermotor, sumber sekitar

bangunan seperti kontaminasi industri, area parkir, tempat bongkar muat barang, tempat pembuangan sampah, dan kotoran di sekitar area luar bangunan. Selain itu, bencana alam seperti gunung meletus, kebakaran, atau kegiatan pembangunan di luar ruangan juga dapat menjadi sumber kontaminan debu yang berasal dari luar ruangan. Menurut Ruzer (2005), partikel dengan ukuran lebih dari 50 mikron tersebar di jalanan. Sehingga apabila roda bergesekan dengan jalan akan membuat pergerakan partikel yang akan melayang di udara bebas.

- **Faktor indoor**

Ada beberapa sumber kontaminan yang berasal dari dalam ruangan itu sendiri, antara lain :

1. Peralatan dalam ruangan

Beberapa peralatan yang dapat menjadi sumber debu antara lain penggunaan karpet, tirai, tumpukan kertas, mesin fax, fotokopi, alat pendingin yang bocor, interior yang sudah tua atau rusak, emisi dari peralatan interior yang baru, dan bahan yang mengandung asbestos.

2. Aktivitas manusia

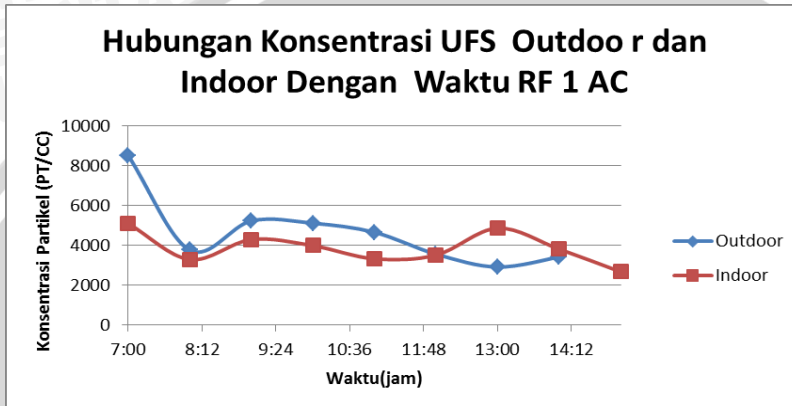
Beberapa aktivitas manusia yang dapat menyebabkan meningkatnya konsentrasi debu di udara antara lain memasak, merokok, berjalan, kegiatan pembersihan, dan renovasi. Selain itu, proses pembersihan dapat meningkatkan pergerakan debu yang menempel pada permukaan material dan perabotan dalam ruangan. Proses renovasi pada gedung dapat meningkatkan pergerakan dan aktivitas manusia sehingga dapat menghasilkan jumlah partikel di dalam ruangan. Proses renovasi yang dimaksud antara lain pergantian karpet, pergantian lantai, debu dari kayu, pengecatan, dll (Ruzer, 2005).

3. Produk pembersih

Beberapa produk pembersih yang dapat menghasilkan debu antara lain biosida (misalnya pembasmi nyamuk dan kecoa) dan penyegar atau pengharum ruangan. Penggunaan produk pembersih yang tidak sesuai ketentuan dan sistem ventilasi yang kurang baik

dapat menyebabkan meningkatnya konsentrasi partikulat di udara (Ruzer, 2005).

4.1.2.2 Menggunakan AC

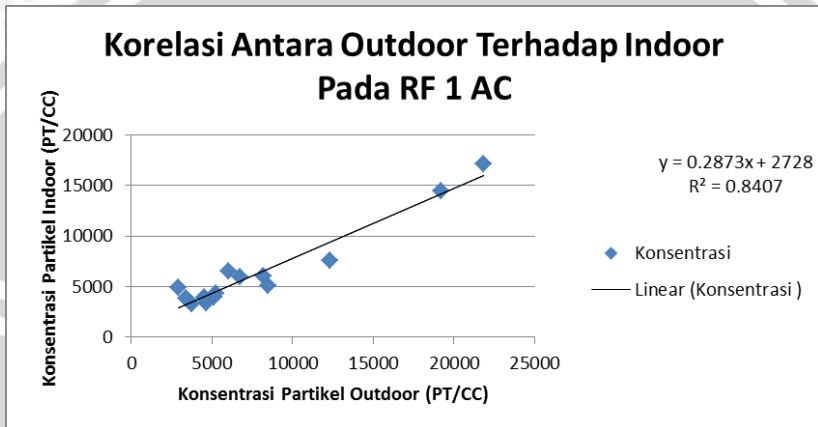


Gambar 4.7 Hubungan Konsentrasi Partikel Ultrafine terhadap waktu, RF 1 AC

Berdasarkan Gambar 4.7 juga memiliki kesamaan dengan gambar 4.3 dan 4.5 dimana pada pagi hari memiliki konsentrasi partikel yang lebih tinggi daripada disore hari. Pada konsentrasi partikel tertinggi didapatkan pada pagi hari pada jam 07.00 yang mencapai 8506 ± 863 partikel/cm² dan pada sore hari mengalami penurunan konsentrasi partikel sebesar 3418 ± 65 partikel/cm². Tetapi pada pukul 13.00 khususnya di dalam ruangan ber AC mengalami kenaikan konsentrasi partikel dengan 4858 ± 444 partikel/cm².

Pada pagi hari memiliki konsentrasi partikel karena adanya pengaruh suhu udara yang dikatagorikan rendah maka kerapatan udara yang berada di daerah outdoor dan di indoor lebih rapat daripada waktu disiang hari ataupun sore hari, sehingga persebaran konsentrasi partikel ultrafine yang berada di daerah gedung Fisika dilepaskan oleh adanya aktivitas atau faktor dari luar seperti keluar masuk gedung. Tetapi jika diperhatikan pada titik ke-7 khususnya pada indoor mengalami kenaikan konsentrasi partikel ultrafine hal ini

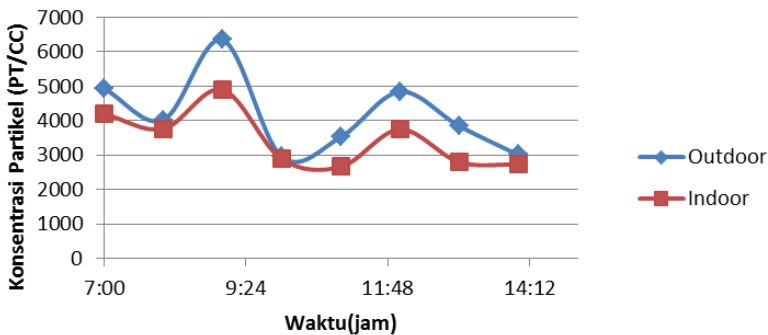
adanya aktivitas manusia yang melakukan rokok di luar ruangan. Karena partikel ultrafine merupakan ukuran partikel yang sangat kecil dan melayang-layang di udara dapat terbawa oleh angin menuju kipas AC, sehingga memungkinkan partikel ultrafine dapat masuk ke dalam ruangan.



Gambar 4.8 Korelasi Konsentrasi Partikel Ultrafine Outdoor Terhadap Indoor, RF 1 AC

Pada Gambar 4.8 menunjukkan hubungan atau korelasi konsentrasi partikel ultrafine outdoor terhadap indoor untuk ruangan tidak menggunakan AC. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan seperti pada gambar 4.8 dapat diketahui bahwa perubahan konsentrasi partikel outdoor memiliki hubungan yang linier terhadap indoor, dengan persamaan $y=0.2873x+2728$. Dimana berdasarkan pada grafik tersebut dapat diketahui y merupakan besarnya konsentrasi partikel ultrafine outdoor, sedangkan x menunjukkan konsentrasi partikel ultrafine indoor. Dan nilai korelasi yang dihasilkan sebesar 0.8407. Nilai korelasi ini menunjukkan bahwa hubungan kedua variabel penelitian dikategorikan baik. Apabila semakin banyak konsentrasi partikel yang dihasilkan maka juga semakin bertambah konsentrasi UFP sehingga terjadi peningkatan konsentrasi partikel outdoor ataupun indoor. Namun masih banyak faktor x yang sangat mempengaruhi dari nilai konsentrasi UFP seperti arah dan kecepatan angin juga suhu lingkungan sekitar juga jenis kendaraan ataupun karena penggunaan AC dan aktivitas manusia.

Hubungan Konsentrasi UFP Outdoor dan Indoor Dengan Waktu RF 2 AC

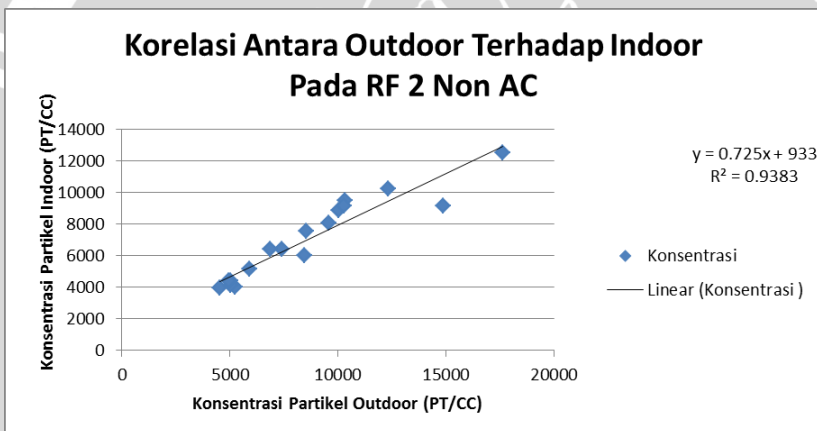


Gambar 4.9 Hubungan Konsentrasi Partikel Ultrafine terhadap waktu, RF 2 AC

Gambar 4.9, menunjukkan pola grafik yang terukur. Pada gambar di atas, pengukuran konsentrasi partikel di luar ruangan pada pukul 07.00=7556±940 partikel/cm², pukul 08.00=4021±314 partikel/cm², pukul 09.00=6348±996 partikel/cm², pukul 10.00=2954±563 partikel/cm², pukul 11.00=3521±387 partikel/cm², pukul 12.00=4841±323 partikel/cm², pukul 13.00=3847±353 partikel/cm², pukul 14.00 =3009±390 partikel/cm². Sedangkan untuk pengukuran konsentrasi partikel di dalam ruangan ber AC, yaitu: pukul 07.00=4200±189 partikel/cm², pukul 08.00=3761±72 partikel/cm², pukul 09.00=4900±97 partikel/cm², pukul 10.00=2892±57 partikel/cm², pukul 11.00=2659±61 partikel/cm², pukul 12.00=3747±69 partikel/cm², pukul 13.00=2800±52 partikel/cm², pukul 14.00 =2724±56 partikel/cm².

Jika dilihat pada gambar 4.9 untuk titik ke-3 dan 6 mengalami kenaikan konsentrasi partikel ultrafine outdoor. Hal ini dikarenakan pada saat pengambilan data terdapatnya aktivitas manusia yang menggunakan rokok dengan jumlah 2 orang. Begitupula dengan titik ke 6 juga terjadinya penggunaan rokok dengan jumlah 2 orang. Hal ini dapat terjadi kenaikan konsentrasi partikel ultrafine karena bahan yang terkandung dalam asap rokok lebih dari 4000 bahan zat organik berupa Fase gas (nitrosamine, uretan, karbon monoksida)

dan fastar (nikotin, fenol, kreson). Menurut Bin Hu (2000), bahwa aktivitas manusia dapat mempengaruhi partikel pada lingkungan dalam rumah atau gedung. Pengaruh aktivitas manusia bisa disebabkan merokok yang secara langsung menghasilkan aerosol, berjalan. Sedangkan menurut T.E. McKone¹ (2000), pada di dalam ruangan kecepatan masuknya partikel ke dalam ruangan dipengaruhi oleh ventilasi yang terbuka. Dapat masuknya partikel ke ventilasi tergantung dari besarnya lubang ventilasi, mekanisme, adanya aktivitas dari luar. Untuk konsentrasi indoor juga terjadi kenaikan konsentrasi pada titik yang sama, hal ini kemungkinan karena ruangan perkuliahan terletak di dekat kamar mandi, terbukanya jendela dan selain itu terjadinya aktivitas manusia seperti keluar masuk ruangan.

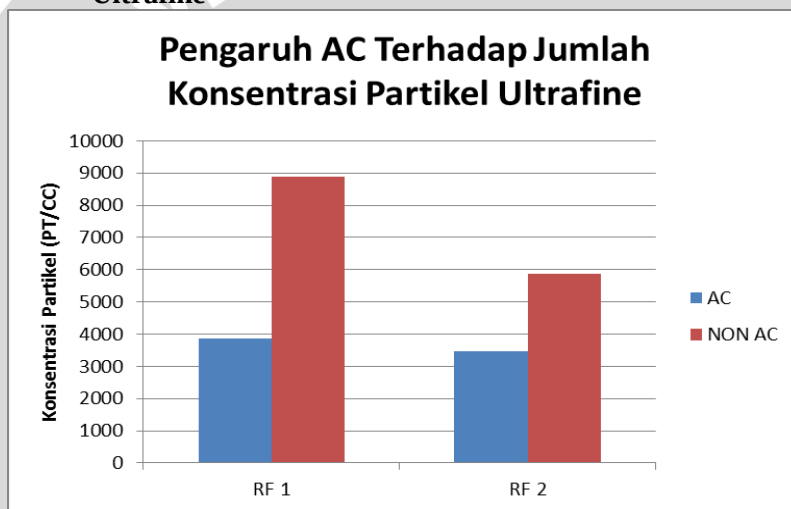


Gambar 4.10 Korelasi Konsentrasi Partikel Ultrafine Outdoor Terhadap Indoor, RF 2 AC

Pada Gambar 4.10 menunjukkan hubungan atau korelasi konsentrasi partikel ultrafine outdoor terhadap indoor untuk ruangan tidak menggunakan AC. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan seperti pada gambar 4.10 dapat diketahui bahwa perubahan konsentrasi partikel outdoor memiliki hubungan yang linier terhadap indoor, dengan persamaan $y=0.651x+518$. Dimana berdasarkan pada grafik tersebut dapat diketahui y merupakan besarnya konsentrasi partikel ultrafine outdoor, sedangkan x menunjukkan konsentrasi partikel ultrafine indoor. Dan nilai korelasi yang dihasilkan sebesar

0.7877. Nilai korelasi ini menunjukkan bahwa hubungan kedua variabel penelitian dikategorikan baik. Apabila semakin banyak konsentrasi partikel yang dihasilkan maka juga semakin bertambah konsentrasi UFP sehingga terjadi peningkatan konsentrasi partikel outdoor ataupun indoor. Namun masih banyak faktor x yang sangat mempengaruhi dari nilai konsentrasi UFP seperti arah dan kecepatan angin juga suhu lingkungan sekitar juga jenis kendaraan ataupun karena penggunaan AC dan aktivitas manusia yang akan dibahas lebih lanjut dibawah ini.

4.1.3 Pengaruh AC Terhadap Jumlah Konsentrasi Partikel Ultrafine



Gambar 4.11 Pengaruh AC Terhadap Jumlah Konsentrasi Partikel Ultrafine

Untuk Gambar 4.11 menunjukkan hubungan penggunaan AC atau non AC dengan jumlah konsentrasi partikel ultrafine yang terukur. Pada RF 1 untuk AC 3892 PT/CC dan non AC 8934 PT/CC. untuk RF2 dengan menggunakan AC 3546 PT/CC dan non AC 5879 PT/CC. Dari hasil grafik RF 1 dan RF 2 menunjukkan bahwa dengan adanya penggunaan AC maka konsentrasi yang dihasilkan lebih rendah daripada tanpa penggunaan AC. Menurut William (1999) bahwa udara indoor terdapat partikel yang berada di dalam

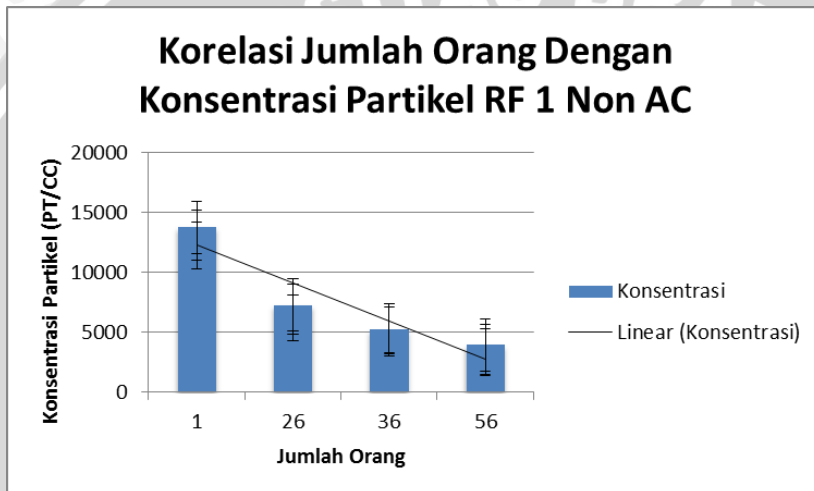
ruangan tersebut yang dihasilkan oleh partikel itu sendiri dan partikel dari outdoor yang memasuki ruangan indoor. Terjadi penurunan konsentrasi partikel ultrafine dapat disebabkan oleh adanya penggunaan AC ataupun jenis AC yang digunakan. Jenis AC yang digunakan berupa AC sentral maupun AC split. Pada dasarnya kedua jenis AC tersebut mempunyai prinsip pengaliran udara yang agak berbeda. Pada AC split, udara dari luar gedung dihisap dan didinginkan dalam suatu fase kemudian dihembuskan ke dalam ruangan, selanjutnya udara dikeluarkan melalui lubang-lubang yang dibuka dan ditutup. Sedangkan pada AC sentral, udara didinginkan dan kemudian dihembuskan ke dalam ruangan yang selanjutnya udara di dalam ruangan yang masih agak dingin dihisap lagi untuk didinginkan kembali dan kemudian dihembuskan ke dalam ruangan lagi, demikian seterusnya. Pada ruang RF 1 dan RF 2 menggunakan AC yang sama yaitu bermerk National yang prinsip pengaliran udaranya menggunakan prinsip split. Dimana prinsip AC split ini , udara yang berasal dari luar gedung dihisap dan didinginkan dalam suatu fase kemudian dihembuskan ke dalam ruangan, selanjutnya udara dikeluarkan melalui lubang-lubang yang dibuka dan ditutup. Sehingga pada ruangan berAC memiliki konsentrasi partikel yang lebih rendah.

Sedangkan ruangan yang tidak menggunakan AC memiliki konsentrasi partikel ultrafine yang cukup tinggi. Dengan adanya kapasitas ukuran partikel akan menghasilkan efek kesehatan yang merugikan pada manusia tergantung pada deposisi dalam saluran pernafasan. Ukuran partikel yang kecil, maka bentuk dan kepadatan mempengaruhi tingkat deposisi. Karakteristik yang paling penting yang mempengaruhi pengendapan partikel dalam sistem pernafasan adalah ukuran partikel yang berada di lingkungan sekitar (Fierro, 2000). Pada ruangan non AC tidak terdapat manusia yang berada di dalam ruangan perkuliahan. sehingga tidak ada pengendapan partikel pada paru-paru manusia dan memiliki konsentrasi yang tinggi.

Selain karena disebabkan sistem pernafasan manusia. Menurut EPA (1991), terdiri beberapa sumber kontaminan yang

berada di dalam ruangan, seperti sumber dari luar ruangan: gas buang kendaraan, debu, pembuangan dan pembakaran sampah, kelembaban atau rembesan air yang memicu perkembangan mikroba sehingga dapat masuk ke dalam ruangan. Kedua sumber dari dalam ruangan: penggunaan tirai, bahan tekstil lain, bahan kimia dari komponen bangunan atau peralatan interior lainnya.

4.1.4 Pengaruh Jumlah Orang Terhadap Konsentrasi Partikel Ultrafine

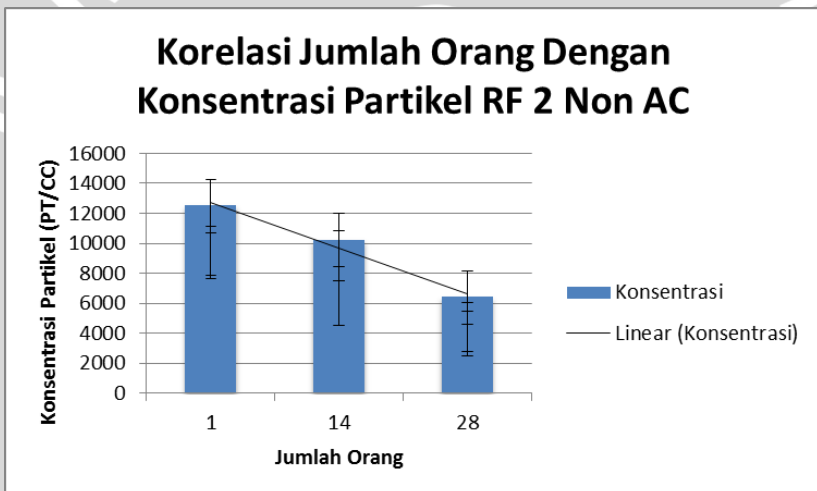


Gambar 4.12 Korelasi Jumlah Orang Terhadap Konsentrasi Partikel Ultrafine RF 1 Non AC

Dari Gambar 4.12 menunjukkan jumlah orang yang berada dalam ruang perkuliahan RF 1 bahwa semakin banyaknya orang yang berada di dalam ruangan maka semakin sedikit konsentrasi partikel yang dihasilkan. Hal ini dapat terjadi karena beberapa faktor yang mempengaruhi nilai konsentrasi partikel ultrafine tersebut. Seperti adanya pengendapan partikel dalam sistem pernafasan manusia. Karena ultrafine particle mempunyai ukuran kurang dari $0.1 \mu\text{m}$ yang dihasilkan dari gas dan kondensasi uap. Maka dengan adanya kapasitas partikel akan menghasilkan efek kesehatan yang merugikan pada manusia tergantung pada deposisi dalam saluran pernafasan. Ukuran partikel yang kecil, maka bentuk dan kepadatan mempengaruhi tingkat deposisi. Sehingga dengan adanya ukuran

partikel ultrafine kecil yang mengendap melalui sistem pernafasan ditambah banyaknya jumlah orang yang berada di RF1 maka partikel ultrafine yang dilepaskan menjadi menurun.

Menurut Fierro, proses deposisi pada partikel ultrafine dapat terjadi melalui dua proses yaitu proses kering dan proses basah. Dimana untuk proses deposisi basah dapat terjadi akibat pengendapan partikel yang terdeposisi oleh uap air. Sedangkan deposisi kering merupakan transfer partikel secara langsung menuju tanah atau lantai melalui proses sedimentasi dan *impaction* atau difusi.

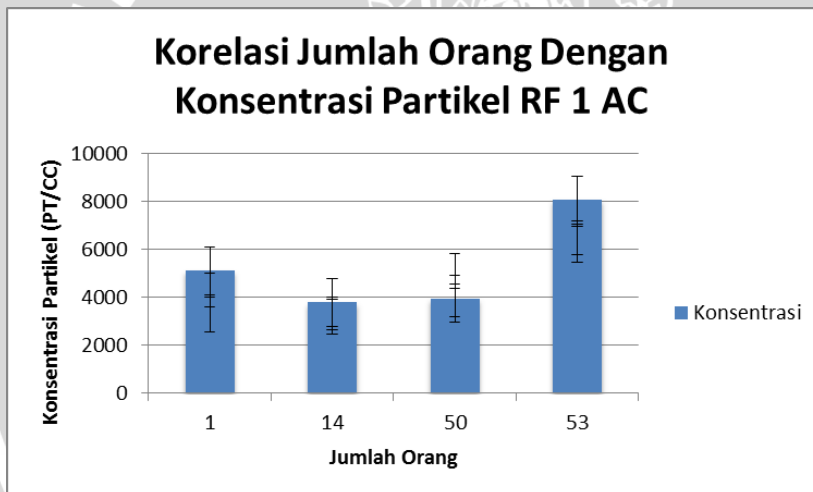


Gambar 4.13 Korelasi Jumlah Orang Terhadap Konsentrasi Partikel Ultrafine RF 2 Non AC

Dan Gambar 4.13 ini menunjukkan jumlah orang yang berada dalam ruang perkuliahan RF 2 bahwa semakin banyaknya orang yang berada di dalam ruangan makan semakin sedikit konsentrasi partikel yang dihasilkan. Hal ini dapat terjadi karena beberapa faktor yang mempengaruhi nilai konsentrasi partikel ultrafine tersebut. Seperti adanya pengendapan partikel dalam sistem pernafasan manusia. Karena ultrafine particle mempunyai ukuran kurang dari $0.1 \mu\text{m}$ yang dihasilkan dari gas dan kondensasi uap.

Maka dengan adanya kapasitas partikel akan menghasilkan efek kesehatan yang merugikan pada manusia tergantung pada deposisi dalam saluran pernafasan. Ukuran partikel yang kecil, maka bentuk dan kepadatan mempengaruhi tingkat deposisi. Sehingga dengan adanya ukuran partikel ultrafine kecil yang mengendap melalui sistem pernafasan ditambah banyaknya jumlah orang yang berada di RF1 maka partikel ultrafine yang dilepaskan menjadi menurun.

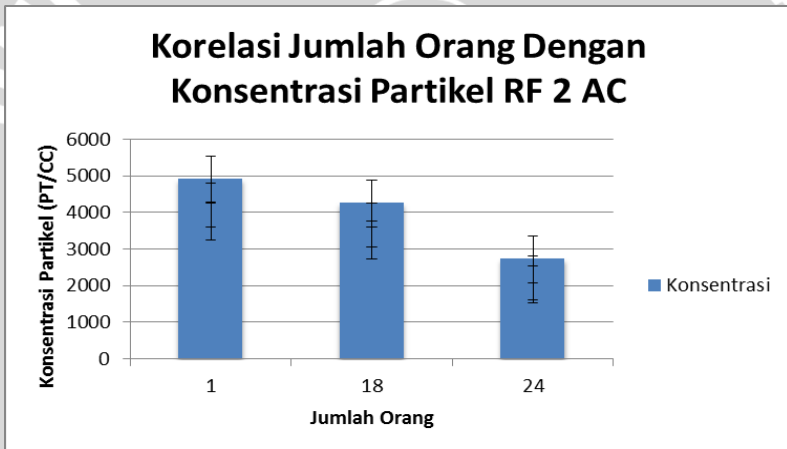
Menurut Fierro, proses deposisi pada partikel ultrafine dapat terjadi melalui dua proses yaitu proses kering dan proses basah. Dimana untuk proses deposisi basah dapat terjadi akibat pengendapan partikel yang terdeposisi oleh uap air. Sedangkan deposisi kering merupakan transfer partikel secara langsung menuju tanah atau lantai melalui proses sedimentasi dan *impaction* atau difusi.



Gambar 4.14 Korelasi Jumlah Orang Terhadap Konsentrasi Partikel Ultrafine RF 1 AC

Dan pada Gambar 4.14 didapatkannya nilai konsentrasi partikel yang tinggi pada saat berjumlah 53 orang. Hal ini dapat terjadi karena faktor indoor dan faktor outdoor saat pengambilan data berlangsung, ataupun dikarenakan pengambilan data dengan berbeda hari.

Faktor indoor seperti adanya aktivitas manusia seperti gesekan akibat manusia saat berjalan karena di lantai terdapat partikel yang mengendap, apabila semakin banyak manusia maka gesekan lantai yang berada di RF1 akan melayang di udara dan menyebar keseluruh ruangan, selain itu luas ruangan pada RF 1, penggunaan AC, atau kecepatan udara yang dihasilkan oleh AC dimana saat kecepatan udara melaju cepat ke dalam ruangan maka partikel ultrafine yang berada di dalam ruangan akan melayang dan menyebar. Sehingga pada pengukuran pengaruh jumlah orang dengan penggunaan AC, tidak terlalu menunjukkan hasil pengukuran yang linier, sehingga diperlukan penelitian selanjutkan untuk memperhatikan konsep penggunaan AC.



Gambar 4.15 Korelasi Jumlah Orang Terhadap Konsentrasi Partikel Ultrafine RF 2 AC

Gambar 4.15 menghasilkan pola grafik yang hampir sama dalam ruang perkuliahan RF 2 apabila semakin sedikit maka konsentrasi partikel ultrafinenya tinggi dan sebaliknya apabila semakin bertambahnya jumlah mahasiswa maka konsentrasi partikel ultrafine yang dihasilkan semakin turun. Hal ini dapat terjadi karena beberapa faktor yang mempengaruhi nilai konsentrasi partikel ultrafine tersebut diantaranya volume ruangan RF 2. Karena semakin kecilnya volume ruangan maka persebaran partikel yang berada di ruangan dapat menyebabkan ruangan pengap.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan



BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian Pengukuran Konsentrasi Partikel Ultrafine Pada Ruang Perkuliahan di Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Brawijaya Malang diperoleh informasi sebagai berikut:

1. Partikel ultrafine yang dilepaskan pada pagi hari memiliki konsentrasi partikel yang lebih tinggi dibandingkan disiang hari dan disore hari. Dengan konsentrasi partikel yang terukur adalah 13724 ± 739 partikel/cm² untuk RF1 selain itu juga merupakan nilai konsentrasi pada pagi hari, dan yang paling rendah pada sore hari yang diperoleh pada RF2 adalah 3994 ± 286 partikel/cm².

2. Konsentrasi partikel ultrafine yang berada di dalam ruangan tergantung dari konsentrasi partikel di luar ruangan dengan perbandingan linier yaitu pada RF1=0,983 (non AC) dan 0,840 (AC). Sedangkan RF2= 0.787 (AC) dan 0.938 (non AC).

3. Konsentrasi partikel ultrafine yang tidak menggunakan AC lebih kecil daripada konsentrasi partikel ultrafine yang menggunakan AC.

4. Jumlah orang pada ruangan non AC menurunkan konsentrasi partikel ultrafine, sedangkan pada ruangan yang menggunakan AC, pengaruh banyaknya orang tidak memberikan tren tertentu pada konsentrasi partikel ultrafine.

5.2 Saran

Dalam penelitian berikutnya perlu memperhatikan sistem aliran Air Conditioner, penggunaan bahan-bahan kimia yang berada di dalam ruangan (pengharum ruangan), penggunaan tirai.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan



DAFTAR PUSTAKA

Alfiah, Taty. 2009. *Pencemaran lingkungan*. Teknik Lingkungan IT ATS. hal 7.

Almeida, Susana Marta, dkk. 2010. *Children exposure to atmospheric particles in indoor of Lisbon primary schools*. University of Aveiro: Portugal.

Baldasano, J.M, dkk. 2002. *Air Quality Data From Large Cities*. University of Catalonia: Barcelona, Spain. hal. 1-3, 5-6.

Bin Hu. 2000. Literature Review and Parametric Study: Indoor Particle Resuspension By Human Activity. USA. Page 4-7.

Chun Chen, Bin Zhao. 2010. *Review of relationship between indoor and outdoor particles: I/O ratio, infiltration factor and penetration factor*. University Tsinghua Beijing: China. Hal 275-276.

Corie I.P dkk. 2010. *Pengaruh Kualitas Udara Dalam Ruangan Ber-AC terhadap gangguan Kesehatan*. Universitas Airlangga : Surabaya. hal.165-166 .

Daher.N. R. S., Jaroudi.E, Sheheitli, H, , and M. A. R. Elizabeth Sepetdjian, Saliba.N, Alan Shihadeh.2009. *Comparison of carcinogen, carbon monoxide, and ultrafine particle emissions from narghile waterpipe and cigarette smoking: Sidestream smoke measurements and assessment of second-hand smoke emission factors*.

Donaldson, K., Stone, V., Clouter, A. 2001. *Occup Environ : Ultrafine Particles*. Vol. 58. Page. 211.

Environmental Protection Agency. *Particulate Matter*, page 1

Fardiaz, Srikandi. 1992. *Polusi Air dan Udara Cetakan ke-11*. Penerbit Kanisius: Yogyakarta. hal. 91-92,134-136.

FP3.2005. Fine Particle Pollution Program. Page 2

Fierro, M. (2000). *Particulate Matter*. 1-11.

Geombira, F. 2006. *Analisis Konsentrasi Dan Komposisi Partikulat (TSP, PM₁₀, PM_{2,5}) Di Udara Ambien Kampus Univ Andalas*. Hal.2.

Hsien-Wen Kue. 2010. Buiding and Enviroment. *Indoor and Outdoor PM_{2.5} dan Pm₁₀ Consentration In The Air During a dust Strom*. Page 2-5.

Kittelson, D. B.1998. Engines and nanoarticles: a review. *J. Aerosol Science*, 29,575-588.

Kulmala, M., H. Vehkamaki, T. Petaja, M. Dal Maso, A. Lauri and V. M. Kerminen,(2004). *Formation and growth rate ultrafine atmospheric particles: a review of observations*. *J. Aerosol Science*, 35,143-176.

Morawska, L. and J. (Jim) Zhang. 2002. *Combustion sources of particles. 1. Health relevance and source signatures*. *Chemosphere*, 49(9),1045-1058.

NOAA.2004. *Air Quality Program - New England Air Quality Study 2002 and 2004*:
http://www.oar.noaa.gov/weather/t_understanding.html. Diakses Februari 2012.

S.C. Lee. 2000. *Indoor and Outdoor Air Quality Investigation at School Hong Kong*. *Chemosfer* 41. Page 3-5.

Sinaga, F.M., Ebenezer, L.T., Kuron, M. and Tyas, N.W. 2006. *Pengaruh Bahan Bakar Transportasi Terhadap Pencemaran Udara Dan Solusinya*. Paper Kebijakan Energi Yogyakarta. Hal. 2-3.

Sogacheva, L. 2008. *Aerosol Particle Formation : Meteorological And Synoptic Processes Behind The Event*. *Atmospheric Sciences And Geophysics*. Vol. 100. Germany. Page. 7-9.

Stewart, W.F and Esquire. 2007. *Global Warming And You: The Risk And Opportunities Of Climate Change*. Cozen O'Connor. West Conshohochen. Page. 5.

Sucitpto Edy. 2007. *Hubungan Pemaparan Partikel Debu Pada Pengolahan Batu Kapur Terhadap Penurunan Kapasitas Fungsi Paru*. Universitas Diponegoro: Semarang. hal. 29-31.

T.E.Mckone. 2000. Factor Affecting The Concentration Of Outdoor Particle Outdoor: Existing Data and Data Needs. USA. Page 3-4.

United States Environmental Protection Agency. "Indoor Air Quality Tools for Schools: Actions to Improve Indoor Air Quality".September 2011.

WHO,1999. *WHO challenges world to improve air quality: Stricter air pollution standards could reduce deaths in polluted cities by 15 %*. Diakses 18 November 2011.



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan

