

# BAB 1

## USULAN GAGASAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Polusi udara yang terjadi di kota-kota besar telah menjadi masalah yang sangat serius. Zat pencemar udara yang dihasilkan dapat berbentuk gas ataupun berupa partikulat debu [1]. Untuk zat yang berbentuk gas dapat berupa sulfur dioksida ( $\text{SO}_2$ ) dan nitrogen dioksida ( $\text{NO}_2$ ). Zat inilah yang dapat menyebabkan terjadinya deposisi asam (*acid deposition*) [2]. Polutan yang berada di udara ambien dapat ter-*rainout* dan ter-*washout* oleh air hujan melalui deposisi basah (*wet deposition*) [3]. Pada deposisi basah (*wet deposition*) terdapat dua kondisi saat polutan di udara terlarut dalam air hujan yaitu pada proses *rainout* dan *washout*. Dalam proses *rainout*, air hujan yang turun ke permukaan bumi telah bercampur dengan polutan dan senyawa asam di atmosfer dan membentuk awan sehingga proses pelarutannya terjadi di atmosfer sebelum terjadinya hujan. Sedangkan dalam proses *washout*, polutan dan senyawa asam tidak bercampur di atmosfer serta tidak terikat dengan awan tetapi akan bercampur saat turun hujan dikarenakan polutan yang berada di udara tidak melayang terlalu tinggi ke atmosfer, sehingga proses pelarutannya tidak terjadi di atmosfer dan terjadi saat turun hujan. Dalam kedua proses tersebut, ada kesamaan dalam hal pelarutan polutan karena polutan yang awalnya berada di udara ambien ikut terbawa bersama butiran-butiran air hujan ke permukaan bumi sehingga air hujan tersebut mengandung berbagai macam polutan yang salah satunya adalah logam berat. Logam berat dapat berada di udara ambien baik dalam bentuk gas ataupun partikulat debu. Keberadaan logam berat di udara ambien dapat disebabkan oleh aktivitas manusia seperti gas buang kendaraan bermotor yang menghasilkan logam berat timbal (Pb), aktivitas industri sebagai penyumbang seng (Zn) maupun faktor alam seperti aktivitas vulkanisme gunung berapi yang menghasilkan logam berat seperti aluminium (Al), magnesium (Mg), silika (Si), dan besi (Fe) [1, 4]

Telah ada peneliti dari lembaga penelitian seperti BRIN dan universitas di Indonesia yang melakukan pengukuran konsentrasi logam berat. Penelitian tersebut menggunakan  $\text{PM}_{2.5}$  dan air sungai sebagai sampelnya.  $\text{PM}_{2.5}$  digunakan sebagai sampel untuk mengukur konsentrasi logam berat karena  $\text{PM}_{2.5}$  adalah jenis partikel udara yang cukup kecil untuk menembus jauh ke dalam paru-paru dan dapat membawa logam berat [5, 6, 7]. Logam berat dapat ditemukan dalam  $\text{PM}_{2.5}$  karena sering dilepaskan ke udara akibat proses industri dan aktivitas manusia lainnya [8]. Oleh karena itu, mengukur konsentrasi  $\text{PM}_{2.5}$  dapat memberikan informasi tentang tingkat polusi logam berat di udara.

Selain itu air sungai digunakan sebagai sampel untuk mengukur konsentrasi logam berat karena keterhubungannya dengan lingkungan, air sungai merupakan bagian penting dari ekosistem dan sering menjadi tempat akumulasi logam berat yang berasal dari berbagai sumber seperti industri, pertanian, dan limbah domestik. [9, 10, 11]. Oleh karena itu, mengukur konsentrasi logam berat dalam air sungai dapat memberikan informasi tentang tingkat pencemaran logam berat di lingkungan.

Selain sampel PM<sub>2,5</sub> dan sampel air sungai, air hujan memiliki potensi sebagai sampel untuk dianalisis konsentrasi logam beratnya terutama saat musim hujan karena partikulat di udara ambien terutama PM<sub>2,5</sub> dapat ter-*rainout* dan ter-*washout* oleh air hujan sehingga logam berat yang berupa padatan di udara ambien menjadi terlarut atau mengendap kedalam air hujan. Oleh karena itu, logam berat tersebut menjadi berada di air sehingga terkena faktor fisika di air yang meliputi pH (air hujan memiliki pH < 7), debit air (besarnya curah hujan), dan temperatur air hujan. Karena terkena faktor fisika di air, konsentrasi logam beratnya dapat tinggi dan rendah tergantung besar masing-masing faktor fisika tersebut.

Pada awal tahun 2022 telah dilakukan perancangan mengenai alat ukur kualitas air hujan secara *real-time* dengan parameter curah hujan, temperatur, pH, serta konduktivitas yang berada di *rooftop* Gedung Kuliah Umum (GKU) Telkom University. Selain itu alat tersebut telah dilengkapi dengan kontrol temperatur sehingga air hujan yang terkumpul dapat dikontrol temperaturnya pada temperatur  $25 \pm 1$  °C [12]. Namun alat ukur tersebut belum dilengkapi dengan sistem buka tutup otomatis pada bagian *inlet chamber* sehingga apabila tidak terjadi hujan sampel yang berada didalam *chamber* pengukuran dapat terkontaminasi oleh partikel lain dari luar *chamber* pengukuran. Selain itu alat ukur tersebut belum dilengkapi parameter pendeteksi logam berat sehingga diperlukan pengujian di laboratorium untuk melihat konsentrasi logam berat di dalam air hujan.

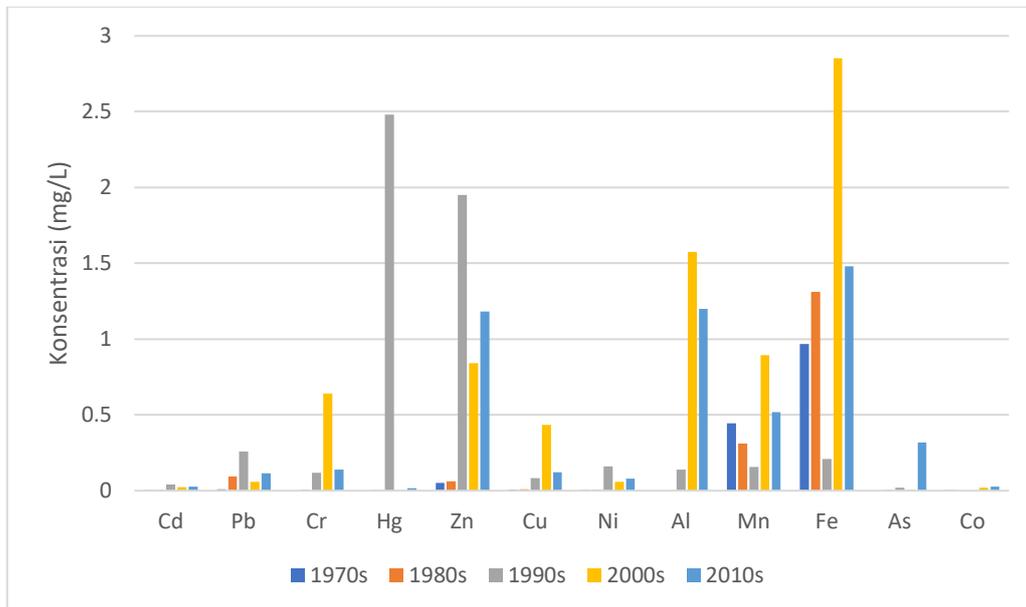
Pada pengamatan ini akan dilakukan penambahan parameter yang dapat mengukur jumlah total padatan dalam air pada alat ukur kualitas air hujan secara *real-time*. Setelah dilakukan pengukuran parameter secara *real-time*, sampel air hujan akan dibandingkan dengan nilai ambang batas yang telah ditentukan untuk setiap parameternya. Hasil perbandingan ini digunakan sebagai gambaran awal kualitas air hujan dari sisi faktor fisika dan faktor kimianya. Pada tahapan selanjutnya, sampel air hujan diambil untuk diuji di laboratorium dengan parameter uji pH, konduktivitas, padatan dalam air, dan logam berat. Setelah dilakukan pengujian dan mendapatkan data hasil pengujian di laboratorium, data pH, konduktivitas, dan padatan dalam air akan dibandingkan dengan data pengukuran *real-time* untuk melihat seberapa akurat data *real-time* tersebut terhadap data sebenarnya.

Setelah itu akan dilakukan analisis logam berat yang terukur didalam air hujan, proses ini dilakukan dengan melihat besarnya konsentrasi logam berat yang terukur didalam air hujan, besarnya konsentrasi logam berat akan dibandingkan dengan standar baku mutu yang ada untuk melihat apakah logam berat tersebut berada diatas standar baku mutu, apabila berada diatas standar baku mutu maka kualitas air hujan tersebut dapat digolongkan buruk karena kandungan logam beratnya tinggi. Hasil perbandingan ini digunakan sebagai gambaran lebih lanjut terkait kualitas air hujan dari sisi logam berat. Proses selanjutnya yaitu analisis kualitas air hujan secara keseluruhan baik itu dari sisi faktor fisika, kimia, maupun logam beratnya. Analisis ini dilakukan untuk menentukan kualitas air hujan tersebut digolongkan baik atau buruk apabila melihat faktor fisika, kimia, dan kandungan logam beratnya. Dengan menggabungkan hasil analisis faktor fisika dan kimia dengan analisis kandungan logam berat, dapat dievaluasi kualitas air hujan secara keseluruhan. Misalnya, air hujan dengan pH rendah dan konduktivitas tinggi serta kandungan logam berat yang melebihi batas aman dapat dianggap sebagai air hujan yang berkualitas buruk.

Selain itu pada alat ukur kualitas air hujan akan ditambahkan sistem buka tutup otomatis pada bagian *inlet chamber* agar sampel air hujan yang berada didalam *chamber* tidak terkontaminasi oleh partikel lain dari luar *chamber*. Karena apabila wadah pengukuran tidak dilengkapi dengan penutup, besar kemungkinan polutan dari udara masuk kedalam wadah pengukuran yang mengakibatkan air yang berada didalam *chamber* terkontaminasi. Selain itu, penutup akan mencegah masuknya serangga atau hewan lainnya kedalam *chamber* dan untuk menghindari masuknya sinar matahari secara langsung sehingga temperatur air yang berada didalam *chamber* tetap terjaga [13].

## **1.2 Informasi Pendukung Masalah**

Peneliti dari *Hunan Agricultural University*, dan *Hunan Provincial Urban and Rural Ecological Planning and Restoration Engineering Technology Research Center* di China telah melakukan penelitian konsentrasi logam berat yang terkandung didalam air [14]. Penelitian ini dilakukan untuk menyelidiki pencemaran logam berat di sungai dan danau global dari tahun 1972 hingga 2017 dengan rentang pengambilan sampel dilakukan selama satu sampai dua tahun. Pengukuran konsentrasi logam berat dilakukan dengan mengasamkan air sungai dan air danau menggunakan asam nitrat kemudian diukur di laboratorium. Dari penelitian ini, didapatkan konsentrasi logam rata-rata pada setiap kelompok dekade sebagai berikut.



**Gambar 1.1** Klasifikasi konsentrasi logam berat dari 5 benua berdasarkan dekade [14].

Dari penelitian tersebut, konsentrasi rata-rata logam berat dalam setiap dekade akan dibandingkan dengan konsentrasi ambang logam berat dalam air sesuai standar WHO dan USEPA. Berikut merupakan ambang batas logam berat dalam air sesuai standar WHO dan USEPA yang dapat dilihat pada **Tabel 1.1**.

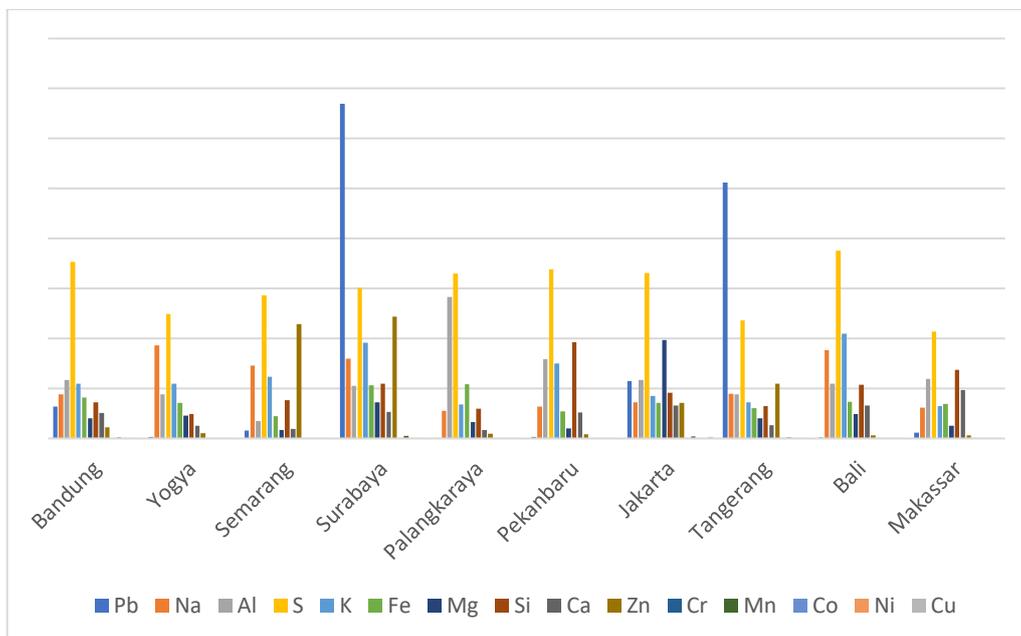
**Tabel 1.1** Ambang batas logam berat sesuai standar WHO dan USEPA [14].

Standar (mg/L)	Logam Berat										
	Cd	Pb	Cr	Hg	Zn	Cu	Ni	Al	Mn	Fe	As
WHO	0,003	0,01	0,05	0,001	1	2	0,02	0,2	0,1	0,3	0,01
USEPA	0,005	0,015	0,1	0,002	1	1,3	-	0,2	0,05	0,3	0,01

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa secara kolektif mayoritas logam berat memiliki konsentrasi yang lebih tinggi pada tahun 1990an, 2000an, dan 2010an, dan konsentrasi yang lebih rendah pada tahun 1970-an dan 1980-an dilihat pada **Gambar 2.1**. Di antara 12 logam berat, Fe dan Mn memiliki konsentrasi lebih besar dari konsentrasi ambang standar WHO dan USEPA pada tahun 1970-an, dan Pb, Fe, Mn melebihi konsentrasi ambang batas masing-masing pada tahun 1980-an. Namun delapan logam berat menunjukkan kadar yang lebih besar dari konsentrasi ambang standar pada tahun 1990-an dan 2000-an, yang meningkat menjadi sepuluh pada tahun 2010-an. Sumber utama pencemaran logam berat di perairan apabila dilihat dari perubahan dekade berubah dari waktu ke waktu. Pada tahun 1970-an, sumber utamanya berasal dari pertambangan dan manufaktur bersamaan dengan pelapukan

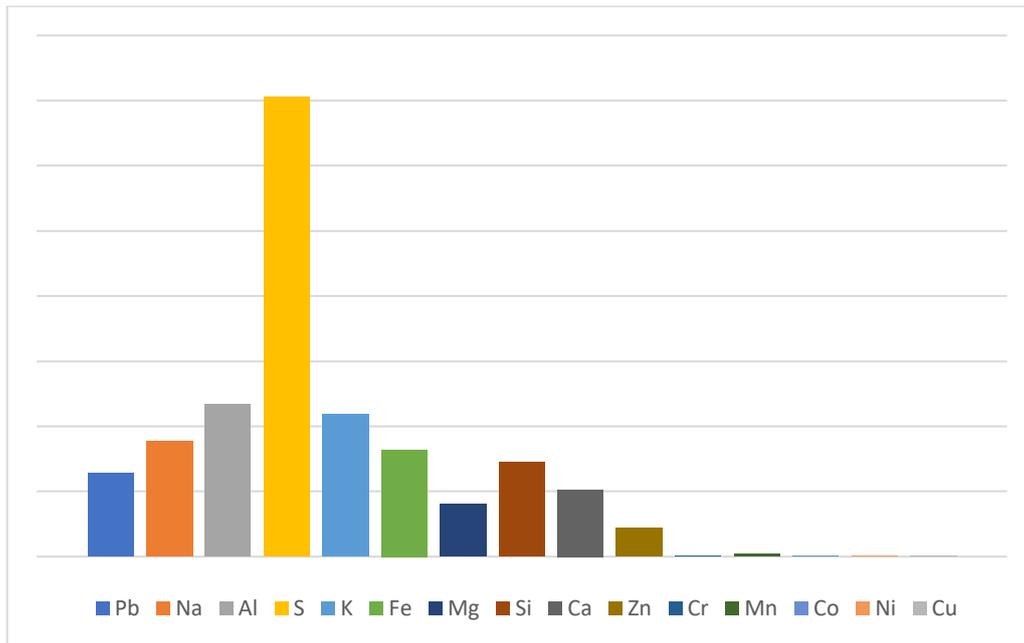
batuan dengan total kontribusi sebesar 66,0%. Pada 1980-an, sumber utamanya adalah pertambangan dan manufaktur bersamaan dengan pembuangan limbah yang memiliki kontribusi gabungan sebesar 94,9%. Pada tahun 1990-an, sumber utamanya adalah pertambangan dan manufaktur dengan kontribusi sebesar 95,0%. Pada tahun 2000-an sumber utamanya adalah buangan limbah seiring dengan pelapukan batuan yang memberikan kontribusi total sebesar 97,4%. Sumber dominan pada tahun 2010 sama dengan tahun 2000-an dengan total kontribusi gabungan sebesar 52,4%.

BRIN pada tahun 2013 telah melakukan penelitian kandungan logam berat di udara ambien pada beberapa kota di Indonesia pada sampel partikulat PM<sub>2,5</sub> [1]. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan data kandungan logam berat di udara ambien di Indonesia karena data ini dapat digunakan sebagai data dasar dalam kajian baku mutu logam berat di udara ambien di Indonesia. Penelitian ini dilakukan secara *sampling* menggunakan *dry sampling*, pengumpulan sampel menggunakan alat yang bernama *Gent Stacked Filter Unit Sampler* dan selanjutnya sampel tersebut akan diuji di laboratorium menggunakan EDXRF Epsilon 5 dengan teknik *X-Ray Fluorescence* yang merupakan metode Teknik Analisis Nuklir (TAN). Data pada penelitian ini menunjukkan kandungan logam berat pada sampel udara di partikulat PM<sub>2,5</sub> dengan orde ng/m<sup>3</sup>, namun ordenya akan dirubah menjadi mg/L karena diasumsikan logam berat di partikulat PM<sub>2,5</sub> tersebut berpindah ke air hujan melalui proses *rainout* atau *washout*. Berikut merupakan grafik hasil penelitian yang telah dilakukan oleh BRIN saat ordenya telah dirubah ke mg/L.



**Gambar 1.2** Konsentrasi logam berat pada beberapa kota di Indonesia (mg/L) [1]

Dari **Gambar 1.2** dapat dilihat bahwa kandungan Sulfur pada 10 lokasi pemantauan secara berturut-turut nilai rata-ratanya diatas 0,0004 mg/L dan termasuk tertinggi pada setiap lokasi pemantauan kecuali di kota Surabaya dan Tangerang. Hal ini dikarenakan Sulfur dapat berasal dari air laut, pembakaran batu bara, *secondary sulphat*, emisi dari industri, dan kendaraan bermotor [15]. Selain itu dapat dilihat pada **Gambar 1.3** konsentrasi logam berat di Bandung Raya pada penelitian yang sama dengan orde mg/L.

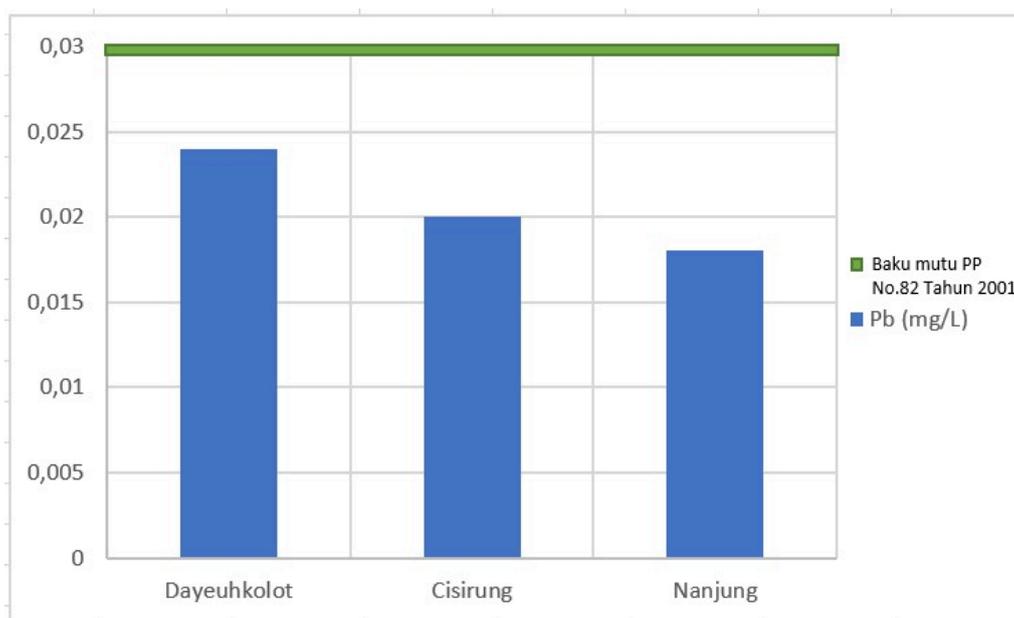


**Gambar 1.3** Konsentrasi logam berat di Bandung Raya (mg/L) [1]

Pada **Gambar 1.3** terlihat bahwa konsentasi logam berat tertinggi di Bandung Raya yaitu sulfur (S). Selain itu dapat dilihat bahwa konsentrasi logam kromium (Cr), mangan (Mn), kobalt (Co), nikel (Ni), dan tembaga (Cu) di Bandung Raya berada dibawah 0,0001 mg/L. Hal ini disebabkan karena industri atau sumber emisi logam berat tersebut di Bandung Raya jumlahnya sedikit. Salah satu logam berat yang konsentrasinya sedikit yaitu mangan (Mn), logam berat ini merupakan salah satu logam berat yang dapat dihasilkan dari aktivitas industri seperti industri percetakan. Namun meskipun dapat dihasilkan dari aktivitas industri, Mangan (Mn) kebanyakan berasal dari tanah yang berupa batuan di dalam tanah [15].

Penelitian lain yang membahas mengenai konsentrasi logam berat yaitu penelitian pada tahun 2015 yang telah dilakukan oleh mahasiswa Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional (ITENAS) Bandung yang bertujuan untuk mengetahui konsentrasi logam berat timbal (Pb) yang terkandung dalam perairan sungai Citarum hulu dan mengidentifikasi hubungan antara parameter fisika (*Dissolved Oxygen (DO)*,

pH, temperatur) dan parameter kimia (*Total Suspended Solids* (TSS), kekeruhan, logam berat) terhadap tingkat kelarutan logam berat tersebut [16]. Pengambilan sampel dilakukan di tiga titik yang telah ditentukan (Dayeuhkolot, Cisirung, Nanjung). Pengambilan sampel untuk pengukuran parameter kimia dilakukan di setiap titik, sampel air diambil sebanyak 1,5 Liter kemudian diawetkan dengan menggunakan asam nitrat ( $\text{HNO}_3$ ) 80% sebanyak  $\pm 11$  mL sampai nilai  $\text{pH} < 2$  dan dimasukkan kedalam *cooler box* pada temperatur  $4-2^\circ\text{C}$  hingga pengujian di laboratorium menggunakan metode *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS). Serta untuk parameter fisika dilakukan pengukuran di lokasi titik sampling.



**Gambar 1.4** Konsentrasi logam berat timbal (Pb) di sungai Citarum [16]

Berdasarkan hasil analisis pada **Gambar 1.4**, terlihat bahwa konsentrasi logam berat timbal (Pb) pada tiga titik pengambilan sampel semuanya masih memenuhi baku mutu berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air yaitu sebesar 0,03 mg/L. Di titik Dayeuhkolot nilai timbal (Pb) di air lebih tinggi dibandingkan titik pengambilan sampel lainnya dikarenakan banyaknya limbah industri dan limbah aktivitas manusia yang dibuang ke sungai. Titik Cisirung juga memiliki konsentrasi timbal (Pb) yang tinggi dikarenakan di daerah sana merupakan daerah kawasan industri.

Dari penelitian BRIN yang telah dijelaskan sebelumnya, terdapat perubahan orde dari  $\text{ng/m}^3$  menjadi  $\text{mg/L}$ . Hal ini dilakukan logam berat di partikulat  $\text{PM}_{2,5}$  diasumsikan ter-*rainout* dan ter-*washout* sehingga logam berat menjadi terlarut atau mengendap kedalam air hujan [17]. Untuk merubah orde hasil pengukuran yang awalnya  $\text{ng/m}^3$  menjadi  $\text{mg/L}$ , dibutuhkan dua

tahapan perhitungan. Tahap pertama yaitu merubah satuan  $\text{ng/m}^3$  menjadi  $\text{mg/m}^3$  dengan membagi nilai massa  $\text{ng/m}^3$  dengan 106 dikarenakan tingkatan massanya dinaikan sebanyak dua tingkat. Setelah ordenya berubah menjadi  $\text{mg/m}^3$  tahap kedua adalah merubah per satuan  $\text{mg/m}^3$  menjadi  $\text{mg/L}$  dengan membagi nilai massa  $\text{mg/m}^3$  dengan 103 karena  $1 \text{ m}^3$  sama dengan 1000 liter. Namun agar perhitungan dapat dilakukan dengan singkat, dapat dilakukan perubahan orde dari  $\text{ng/m}^3$  menjadi  $\text{mg/L}$  secara langsung dengan membagi nilai massa dengan 109 atau dikalikan dengan  $10^{-9}$ .

Selain itu, dari penelitian BRIN dan ITENAS yang telah dijelaskan sebelumnya, dapat diketahui bahwa logam berat dapat berada di udara ambien dan di air sungai. Logam berat di udara ambien dapat *ter-rainout* dan *ter-washout* ke air hujan melalui proses *rainout* dan *washout* sehingga logam berat menjadi terlarut atau mengendap kedalam air hujan [17]. Karena logam berat yang awalnya berada di udara ambien *ter-rainout* dan *ter-washout* ke air hujan maka logam berat tersebut menjadi sama-sama berada dalam media air seperti pada air sungai. Logam berat dalam perairan terdiri dari dua bentuk yaitu terlarut dan partikulat. Bagian terlarut akan senantiasa berada dalam kolom air dan tersebar sesuai pola aliran air, sedangkan bagian partikulat akan mengalami pengendapan dan sebagian menyebar dalam kolom air terutama partikel yang berukuran sangat halus kemudian mengendap ke dasar dalam kondisi air yang tenang [18]. Namun bagian terlarut dapat mengalami pengendapan apabila dipengaruhi oleh parameter fisiknya seperti pH dan temperatur.

Dari ketiga referensi penelitian mengenai logam berat dari sampel udara berupa partikulat  $\text{PM}_{2,5}$  dan sampel air berupa air sungai dan danau, dapat disimpulkan bahwa sumber utama dari pencemaran logam berat banyak yang berasal dari pertambangan, manufaktur, pembuangan limbah, pelapukan batuan, dan emisi kendaraan. Dengan demikian, perubahan konsentrasi logam berat dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor manusia dan alam. Selain itu tingginya konsentrasi logam berat di air sungai dapat dipengaruhi oleh jaraknya dari sumber pencemarnya, semakin dekat dengan sumber pencemarnya maka kemungkinan logam beratnya semakin tinggi. Dari jenis logam beratnya, tidak ada perbedaan jenis logam berat pada air sungai dan danau dengan sampel  $\text{PM}_{2,5}$ . Hal ini dikarenakan sumber pencemarnya berasal dari tempat yang tidak jauh berbeda, letak perbedaanya hanya pada besarnya konsentrasi logam berat yang terukur. Untuk orde dari logam berat yang ditemukan dari hasil analisis terdapat perbedaan orde pada sampel udara dan sampe air. Pada sampel udara terutama pada partikulat  $\text{PM}_{2,5}$ , orde logam berat yang ditemukan adalah  $\text{ng/m}^3$  sedangkan pada sampel air terutama air sungai dan danau, orde logam berat yang ditemukan adalah  $\text{mg/L}$ . Dari sini terlihat bahwa terdapat perbedaan orde yang cukup jauh dengan perbedaan nilai massa sebesar  $10^{-9}$ .

Logam berat dalam bentuk terlarut terdiri dari ion logam bebas dalam air, sedangkan logam berat dalam bentuk partikulat terdiri dari partikel yang berbentuk senyawa kelompok metal yang terarbsorpsi pada zat tersuspensi. Logam berat dalam perairan air sungai biasanya dalam bentuk ion karena dipengaruhi oleh debit, keasaman (pH), dan temperatur. Padatan di perairan dapat diklasifikasikan berdasarkan ukuran diameter partikelnya. **Tabel 1.2** menunjukkan bahwa padatan terlarut memiliki ukuran diameter kurang dari 0,001  $\mu\text{m}$  sedangkan padatan partikulat memiliki ukuran diameter lebih dari 1  $\mu\text{m}$  [19].

**Tabel 1.2** Klasifikasi padatan dalam perairan [19]

No.	Klasifikasi Padatan	Ukuran Diameter ( $\mu\text{m}$ )	Ukuran Diameter (mm)
1.	Padatan Terlarut	< 0,001	< 0,000001
2.	Padatan Partikulat	> 1	> 0,001

Dari klasifikasi padatan yang telah dijelaskan diatas, logam berat yang berupa padatan terlarut dapat dikategorikan sebagai *Total Dissolved Solids* (TDS). *Total Dissolved Solids* (TDS) merupakan istilah untuk menandakan jumlah padatan terlarut atau konsentrasi jumlah ion kation (bermuatan positif) dan anion (bermuatan negatif) di dalam air. TDS digambarkan dengan jumlah zat terlarut dalam *part per million* (ppm) atau sama dengan milligram per Liter (mg/L). Kandungan total padatan pada umumnya dalam bentuk garam anorganik. Total padatan yang terlarut di dalam air berupa natrium klorida, kalsium bikarbonat, kalsium sulfat dan magnesium bikarbonat [19].

Untuk logam berat berupa padatan partikulat, dapat dikategorikan sebagai *Total Suspended Solids* (TSS). *Total Suspended Solids* (TSS) merupakan istilah untuk menandakan jumlah partikel padat yang terapung didalam suatu cairan yang besarnya > 1  $\mu\text{m}$  serta akan mengendap ke bawah air membentuk sedimen. Sedimen adalah lapisan partikel-partikel padat yang terapung atau terdeposit di dasar air. Sedimen dapat mengandung berbagai macam logam, baik logam alami maupun logam yang dihasilkan oleh aktivitas manusia. Beberapa contoh logam yang mungkin terkandung dalam sedimen adalah timbal, merkuri, besi, tembaga, dan lain-lain. Logam-logam ini dapat masuk ke dalam sedimen melalui berbagai cara, seperti terbawa oleh aliran air atau hujan, terlepas dari proses pemrosesan atau penggunaan logam, atau terdeposit dari atmosfer. Selain itu, besarnya TSS pada suatu perairan menunjukkan kondisi sedimentasi dari perairan tersebut [20, 21].

Berdasarkan penelitian BRIN dan ITENAS yang telah dijelaskan sebelumnya, diketahui bahwa konsentrasi logam berat yang diasumsikan berada di air hujan yaitu  $10^{-9}$  mg/L. Dari sini akan dipilih acuan logam berat timbal (Pb) pada hasil pengukuran BRIN yang telah dirubah ordenya menjadi mg/L untuk dibandingkan dengan rata-rata hasil pengukuran konsentrasi logam berat di air sungai yang telah dilakukan oleh mahasiswa Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional (ITENAS) Bandung yang telah dibahas sebelumnya. Data yang digunakan untuk perbandingan ini tidak diambil pada waktu dan tempat yang sama karena perbandingan ini berfokus pada besarnya konsentrasi logam berat pada kedua jenis sampel air yang berbeda.

**Tabel 1.3** Perbandingan konsentrasi logam berat timbal (Pb) [1, 16]

<b>Data BRIN Perubahan Orde (Air Hujan)</b>	<b>Data ITENAS (Air Sungai)</b>
0,000000128 mg/L $1,18 \times 10^{-2}$	0,020 mg/L $2 \times 10^{-2}$

Berdasarkan hasil perbandingan pada **Tabel 1.3**, diketahui bahwa konsentrasi logam berat yang diasumsikan di air hujan memiliki konsentrasi yang lebih kecil daripada konsentrasi logam berat di air sungai, hal ini karena dipengaruhi oleh faktor sumber pencemarnya. Seperti yang telah diketahui bahwa sumber pencemar logam berat di air sungai berasal dari pertambangan, manufaktur, pembuangan limbah, pelapukan batuan, dan emisi kendaraan. Sedangkan sumber pencemar air hujan diasumsikan berasal dari pertambangan, manufaktur, pembuangan limbah, dan emisi kendaraan, serta tidak ada faktor pelapukan batuan. Hal ini dikarenakan pelapukan batuan hanya terjadi di sungai maupun di danau sedangkan pada air hujan hanya bersumber pada sumber pencemar udara saja. Oleh karena itu, dapat disimpulkan alasan mengapa konsentrasi logam berat di air sungai lebih besar daripada di air hujan karena sumber pencemar logam berat di air sungai lebih banyak daripada di air hujan.

Selain ketiga penelitian yang telah dijelaskan sebelumnya, tim peneliti dari Laboratorium *Atmospheric Environment* pada tahun 2022 telah melakukan pengukuran deposisi asam secara *real-time* menggunakan alat pengukuran deposisi asam. Tujuan dilakukannya penelitian ini untuk melakukan pengukuran deposisi asam secara *real-time* dengan parameter-parameter ukur seperti pH, temperatur, konduktivitas, dan curah hujan untuk menguji keasaman yang terkandung didalam air hujan. Penelitian ini dilakukan di cekungan Bandung Raya dengan *sampling* air hujan periode 1 – 31 Maret 2022 menggunakan sistem yang dilengkapi

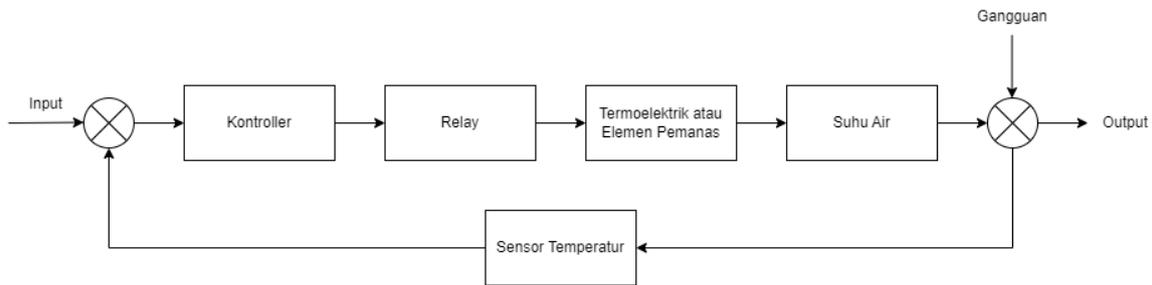
mikrokontroler ESP32, data *logger*, dan dikirimkan ke *ubidots* melalui *cloud* dengan koneksi WiFi. Setiap data yang dihasilkan akan dibandingkan dengan data di Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) [12].

**Tabel 1.4** Karakteristik pengukuran data *real-time* 7 Maret 2022 [12]

	Curah Hujan (mm)	Temperatur (°C)	Konduktivitas (mS/cm)	pH
<b>n</b>	1410	1248	1389	1408
<b>Min</b>	0,00	20,86	0,42	2,92
<b>Max</b>	8,79	34,00	1,51	10,10
<b>Rata Rata</b>	8,01	23,80	0,94	6,06
<b>Standar Deviasi</b>	1,83	4,39	0,12	1,12
<b>Presisi</b>	5,50	13,16	0,37	3,36
<b>Presisi Relatif</b>	0,69	0,55	0,39	0,55

**Tabel 1.4** merupakan karakteristik pengukuran data *real-time* 7 Maret 2022 pada penelitian tim peneliti dari Laboratorium *Atmospheric Environment* pada tahun 2022. Dari data ini dapat ditarik kesimpulan bahwa parameter temperatur, pH, dan konduktivitas memiliki keterkaitannya masing-masing. Semakin tinggi temperatur pada air maka tingkat keasaman (pH) dan konduktivitas air akan semakin tinggi. Hal ini dapat dijadikan tolak ukur dalam menganalisis kemungkinan logam berat yang terlarut atau mengendap kedalam air hujan.

Selain melakukan pengukuran deposisi asam secara *real-time* menggunakan alat pengukuran deposisi asam, tim peneliti dari Laboratorium *Atmospheric Environment* pada tahun 2022 telah melakukan pengontrolan temperatur air hujan pada alat ukur deposisi asam pada temperatur  $25 \pm 1$  °C. Tujuan dilakukan pengontrolan temperatur air hujan yaitu untuk mengontrol temperatur air hujan pada temperatur  $25 \pm 1$  °C sesuai dengan standar laboratorium. Alasan temperatur air hujan harus dikontrol pada temperatur  $25 \pm 1$  °C karena temperatur 25 °C merupakan temperatur spesifik yang digunakan sebagai standar perbandingan dalam laboratorium dan dapat mempengaruhi pH dan konduktivitas pada air. Sistem kontrol temperatur ini menggunakan sistem kontrol *lup tertutup* yang merupakan sistem kontrol yang memiliki umpan balik, dimana aksi umpan balik berfungsi untuk meminimalisir kesalahan/ketidapastian. Aktuator yang digunakan pada sistem kontrol temperatur adalah termoelektrik. **Gambar 1.5** merupakan diagram blok sistem kontrol temperatur.



**Gambar 1.5** Diagram blok sistem kontrol temperatur

Keterkaitan logam berat dengan parameter fisika (pH, temperatur, dan debit air) sangat berpengaruh kepada konsentrasi logam berat yang didapatkan. Kelarutan logam berat yang berada di kolom air akan menjadi lebih tinggi pada pH rendah yang menyebabkan logam berat menjadi lebih terlarut. Faktor temperatur air juga sangat mempengaruhi konsentrasi logam berat di kolom air dan di sedimen dikarenakan temperatur rendah akan mengakibatkan logam berat mengendap ke sedimen sedangkan temperatur tinggi akan mengakibatkan logam berat terlarut di dalam air. Faktor debit air sangat berpengaruh karena merupakan faktor pengencer logam di air. Semakin tinggi debit air yang berada di sungai ataupun aliran lainnya maka konsentrasi logam berat pada air akan menurun karena kandungan logam berat terbawa arus aliran [16].

### 1.3 Analisis Umum

#### 1.3.1 Aspek Kesehatan

Logam berat di dalam air sangat berbahaya bagi kehidupan makhluk hidup. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 mengenai Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua, dan Pemandian Umum. Pencemaran air adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan/atau komponen lain kedalam air oleh kegiatan manusia sehingga melampaui baku mutu air yang telah ditetapkan [9]. Dalam Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 (PMK RI 32 Tahun 2017), telah ditetapkan baku mutu air nasional dengan parameter logam berat untuk keperluan higiene sanitasi yang dapat dilihat pada **Tabel 1.5**.

**Tabel 1.5** Baku mutu logam berat dalam air berdasarkan PMK RI 32 tahun 2017 [22]

No.	Parameter	Unit	Standar Baku Mutu
1.	Besi (Fe)	mg/L	1
2.	Kadmium (Cd)	mg/L	0,005
3.	Mangan (Mn)	mg/L	0,5
4.	Nikel (Ni)	mg/L	-
5.	Seng (Zn)	mg/L	15
6.	Tembaga (Cu)	mg/L	-
7.	Timbal (Pb)	mg/L	0,05
8.	Krom (Cr)	mg/L	0,05

Pengamatan konsentrasi logam berat di air hujan dibutuhkan dikarenakan air hujan saat jatuh ke permukaan bumi apabila terkena kontak secara langsung dengan tubuh akan mengakibatkan keluhan-keluhan kesehatan karena logam berat dapat masuk kedalam tubuh jika terserap melalui kulit dikarenakan akumulasi logam berat yang terlarut dalam air. Sedangkan apabila digunakan untuk keperluan konsumsi, mandi, mencuci, dan hal rumah tangga lainnya akan sangat berbahaya dikarenakan logam berat dapat merusak fungsi organ dan sistem tubuh manusia terutama anak-anak. Tidak ada batas aman untuk kadar logam berat dalam tubuh, bahkan kadar logam berat yang rendah tetap dapat menyebabkan gangguan kesehatan seperti gangguan pada otak, ginjal, dan hati [10, 17].

Alat ukur kualitas air hujan yang digunakan dalam pengamatan air hujan dapat digunakan sebagai asumsi awal kualitas air hujan tersebut digolongkan baik atau buruk baik dari sisi faktor fisika, kimia, maupun kandungan logam berat. Jika konsentrasi logam berat pada air hujan melebihi standar baku mutu kadar maksimum maka air hujan tersebut tidak layak apabila terkena kontak dengan tubuh secara langsung bahkan berbahaya untuk digunakan sebagai keperluan rumah tangga.

### 1.3.2 Aspek Keberlanjutan

Dengan adanya alat ukur kualitas air hujan, dapat dilakukan pengamatan kualitas air hujan dengan parameter pH, temperatur, konduktivitas, curah hujan, dan jumlah total padatan secara *real-time* tanpa perlu analisis di laboratorium. Alat ukur kualitas air hujan dapat dikembangkan pada proses pengukuran konsentrasi logam berat karena saat ini pengukuran konsentrasi logam berat pada alat ukur belum terintegrasi secara *real-time* dan perlu dianalisis di laboratorium. Hal ini dikarenakan sensor yang dapat secara langsung mengukur konsentrasi

logam berat di sampel air masih dikembangkan. Selain itu alat ukur dapat dikembangkan pada pengintegrasian dalam pengukuran kualitas air sungai melalui *fixed station* dan *mobile station* yang dapat dipantau dengan *web-based monitoring system*.

### 1.3.3 Aspek Manufakturabilitas

Dalam proses pengukuran parameter pH, konduktivitas, temperatur, curah hujan, dan jumlah total padatan dibutuhkan alat ukur yang dapat mengukur setiap parameter tersebut. Telah ada alat ukur yang dapat mengukur setiap parameter tersebut namun proses pengukurannya masih terpisah-pisah karena setiap parameter memiliki alat ukurnya masing-masing dan belum terintegrasi secara *real-time*. Namun dengan adanya alat ukur kualitas air hujan, pengukuran setiap parameter tidak terpisah-pisah karena telah diintegrasikan di satu tempat dan terintegrasi secara *real-time*. Proses pembuatan alat ukur kualitas air hujan menggunakan mikrokontroller sebagai pemroses pengukuran sensor. Sensor yang berfungsi sebagai penerima masukan mudah didapatkan di *online shop* dengan harga cukup terjangkau karena menggunakan mikrosensor. *Chamber* yang berfungsi sebagai tempat untuk menyimpan rangkaian mikrokontroller dapat dibuat desainnya menggunakan aplikasi 3D *Modelling* sebelum dibuat fisiknya secara langsung oleh tenaga ahli di bengkel. *Chamber* yang dibuat berbahan *stainless steel* karena bahan tersebut sesuai dengan standar material di laboratorium untuk mengurangi kontaminan. Dengan penjelasan yang telah diberikan sebelumnya, produk ini dianggap *manufacturable* karena kemudahan dalam memproduksinya.

## 1.4 Kebutuhan yang Harus Dipenuhi

Alat ukur yang akan dikembangkan dalam proses pengamatan pada air hujan membutuhkan beberapa komponen dari sisi *hardware* dan juga *software*. Selain itu dalam proses pengambilan sampel pada air hujan juga membutuhkan beberapa kebutuhan agar dapat dianalisis di laboratorium.

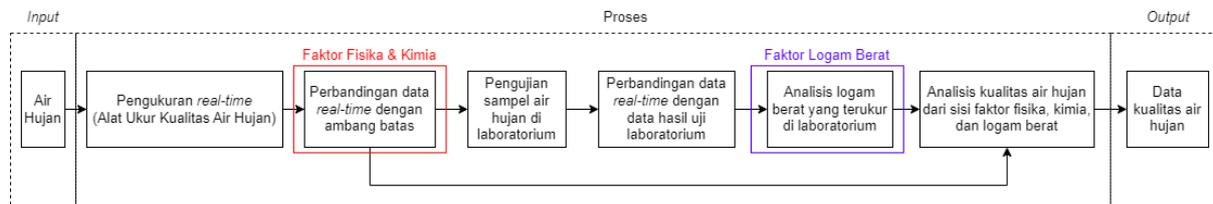
**Tabel 1.6** Komponen yang diperlukan dalam pengamatan konsentrasi logam berat

No.	Komponen	Fungsi
1.	Botol sampel 150 mL	Sebagai tempat untuk menyimpan sampel yang akan diuji di laboratorium.
2.	Gelas ukur 100 mL	Sebagai tempat untuk mengukur sampel air yang akan dimasukkan kedalam botol sampel.

3.	Sensor Jumlah Total Padatan	Untuk mengukur seberapa besar padatan terlarut atau mengendap dalam air hujan.
4.	Sensor Hujan	Untuk mendeteksi apakah terjadi hujan atau tidak.
5.	Arduino Mega Wifi	Untuk memproses <i>input</i> dari sensor agar menghasilkan <i>output</i> hasil pengukuran.
6.	Arduino Mega Sensor <i>Shield</i>	Untuk menghubungkan berbagai sensor yang dihubungkan pada Arduino Mega Wifi.
7.	RTC	Untuk menghitung waktu (mulai detik hingga tahun) dengan akurat dan menyimpan data waktu tersebut secara <i>real time</i> .
8.	<i>MicroSD</i> Adapter	Untuk menyimpan <i>MicroSD</i> pada Data <i>Logger</i>
9.	Kabel Jumper	Untuk menyalurkan arus listrik dari sensor dan komponen lainnya ke mikrokontroler.
10.	Motor Servo	Untuk menggerakkan penutup <i>inlet chamber</i> .
11.	<i>MicroSD</i>	Untuk menyimpan data yang terekam oleh Data <i>Logger</i> .
12.	Adaptor DC	Untuk memberikan tegangan pada papan mikrokontroler.
13.	<i>Power Supply</i>	Untuk menghasilkan tegangan dan mengubahnya menjadi daya DC.
14.	Modem Orbit	Untuk menyediakan jaringan internet di lingkungan alat ukur.
15.	<i>Platform Internet of Things</i>	Untuk menampilkan data hasil pengukuran sensor.
16.	Arduino IDE	Sebagai tempat untuk membuat program mikrokontroler.

## 1.5 Solusi Sistem yang Diusulkan

Berdasarkan permasalahan yang telah dipaparkan, dirancanglah proses pengamatan konsentrasi logam berat pada air hujan seperti yang terlihat pada **Gambar 1.6**.



**Gambar 1.6** Diagram blok pengamatan konsentrasi logam berat yang akan dilakukan

Pada solusi sistem ini akan dilakukan pengukuran parameter yang meliputi pH, konduktivitas, temperatur, curah hujan, dan jumlah total padatan dalam air pada alat ukur kualitas air hujan secara *real-time*. Setelah dilakukan pengukuran parameter secara *real-time*, sampel air hujan akan dibandingkan dengan ambang batas yang telah ditentukan untuk setiap parameternya. Hasil perbandingan ini digunakan sebagai gambaran awal kualitas air hujan dari sisi faktor fisika dan faktor kimianya. Pada tahapan selanjutnya, sampel air hujan diambil untuk diuji di laboratorium dengan parameter uji pH, konduktivitas, TDS, dan logam berat. Setelah dilakukan pengujian dan mendapatkan data hasil pengujian di laboratorium, data pH, konduktivitas, dan TDS akan dibandingkan dengan data pengukuran *real-time* untuk melihat seberapa akurat data *real-time* tersebut terhadap data sebenarnya. Setelah itu akan dilakukan analisis logam berat yang terukur didalam air hujan, proses ini dilakukan dengan melihat besarnya konsentrasi logam berat yang terukur didalam air hujan agar dapat dibandingkan dengan standar baku mutu logam berat yang ada. Hasil perbandingan ini digunakan sebagai gambaran lebih lanjut terkait kualitas air hujan dari sisi logam berat. Proses selanjutnya yaitu analisis kualitas air hujan secara keseluruhan baik itu dari sisi faktor fisika, kimia, maupun kandungan logam beratnya. Analisis ini dilakukan untuk menentukan kualitas air hujan tersebut digolongkan baik atau buruk apabila melihat faktor fisika, kimia, dan logam beratnya sehingga didapatkan data kualitas air hujan.

## 1.5.1 Karakteristik Produk

### 1.5.1.1 Parameter Jumlah Total Padatan

Pada alat ukur kualitas air hujan yang telah ada akan ditambahkan parameter yang dapat mengukur jumlah total padatan dalam air. Hal ini dikarenakan logam berat yang ter-*rainout* dan ter-*washout* berbentuk padatan yang dapat terlarut atau mengendap dalam air hujan. Oleh karena itu terdapat dua parameter yang dapat digunakan yaitu *Total Dissolved Solids* (TDS) dan *Total Suspended Solids* (TSS).

#### 1) Penambahan Parameter *Total Dissolved Solids* (TDS) Pada *Chamber*

Untuk mengukur jumlah total padatan dalam air, salah satu parameter yang dapat digunakan yaitu *Total Dissolved Solids* (TDS). *Total Dissolved Solids* (TDS) merupakan jumlah total padatan terlarut yang terkandung dalam suatu cairan. Karena logam berat dapat terlarut dalam air, maka parameter *Total Dissolved Solids* (TDS) dapat digunakan pada alat ukur untuk mengukur banyaknya padatan terlarut dalam air hujan.

Meskipun parameter TDS hanya dapat mengukur total padatan terlarut secara keseluruhan tanpa mengetahui konsentrasi logam beratnya, namun penambahan parameter ini dibutuhkan agar hasil pengukurannya dapat dikorelasikan dengan parameter yang telah ada pada alat ukur kualitas air hujan untuk melihat kemungkinan logam berat terlarut pada air hujan. Konsep korelasinya yaitu apabila nilai TDS tinggi dan nilai pH rendah, maka kemungkinan besar ada logam berat yang terlarut pada air hujan tersebut. Hal ini didasarkan pada sifat logam berat yang akan semakin terlarut pada pH yang rendah.

#### 2) Penambahan Parameter *Total Suspended Solids* (TSS) Pada *Chamber*

Untuk mengukur jumlah total padatan dalam air, parameter lain yang dapat digunakan yaitu *Total Suspended Solids* (TSS). *Total Suspended Solids* (TSS) merupakan jumlah total padatan tidak terlarut dalam suatu cairan. Parameter *Total Suspended Solids* (TSS) akan mengukur jumlah total padatan yang mengendap dalam air hujan, hal ini dapat dilakukan karena logam berat dapat mengendap pada air hujan sehingga parameter *Total Suspended Solids* (TSS) dapat digunakan sebagai parameter baru. Selain itu parameter *Total Suspended Solids* (TSS) dapat dikorelasikan dengan parameter yang telah ada pada alat ukur kualitas air hujan. Konsep korelasinya yaitu apabila nilai TSS tinggi dan nilai pH tinggi, maka kemungkinan besar logam berat mengendap pada air hujan tersebut. Hal ini didasarkan pada sifat logam berat yang akan mengendap pada pH yang tinggi.

### 1.5.1.2 Penambahan Sistem Buka Tutup Otomatis Pada Bagian *Inlet Chamber*

Alat ukur kualitas air hujan yang telah ada tidak memiliki penutup pada penutup *inlet chamber* sehingga air hujan yang terkumpul didalam *chamber* dapat terkontaminasi partikel dari luar *chamber*. Oleh karena itu diimplementasikanlah sistem buka tutup otomatis pada bagian *inlet chamber* agar saat tidak terjadi hujan sampel air hujan yang berada didalam *chamber* tidak terkontaminasi oleh partikel lain dari luar *chamber*. Dalam pengimplementasiannya, sistem ini menggunakan sensor hujan sebagai komponen utama, motor servo sebagai komponen pendukung, serta mikrokontroler sebagai kontroler. Sensor hujan digunakan untuk mendeteksi terjadinya hujan atau tidak, motor servo digunakan untuk menggerakkan penutup *inlet*, sedangkan mikrokontroler digunakan sebagai pengontrol sistem.

### 1.5.1.3 Analisis Data

Dalam proses analisis data akan ada beberapa proses yang dilakukan, diantaranya yaitu proses perbandingan data pengukuran *real-time* dengan ambang batas yang telah ditentukan untuk melihat kualitas air hujan tersebut digolongkan baik atau buruk dari sisi faktor fisika dan kimianya, proses perbandingan data *real-time* dengan hasil uji laboratorium untuk melihat seberapa akurat data *real-time* terhadap data laboratorium, proses analisis dan perbandingan data konsentrasi logam berat dengan standar baku mutu yang ada untuk melihat kualitas air hujan tersebut digolongkan baik atau buruk dari sisi kandungan logam berat, dan proses analisis kualitas air hujan dari keseluruhan sisi baik itu sisi faktor fisika, kimia, dan kandungan logam berat sehingga akan didapatkan data kualitas air hujan.

## 1.5.2 Skenario Penggunaan

### 1.5.2.1 Alat Ukur Kualitas Air Hujan

Saat alat ukur dinyalakan dan sensor hujan mendeteksi adanya hujan, servo akan menggerakkan penutup *inlet chamber* agar penutup terbuka sehingga air hujan dapat masuk kedalam ruang pengukuran didalam *chamber*. Air hujan yang masuk kedalam *chamber* akan melewati sensor curah hujan untuk mengukur besarnya curah hujan yang terjadi pada saat itu. Temperatur air yang berada di dalam *chamber* akan dikontrol oleh kontrol temperatur pada temperatur  $25 \pm 1$  °C. Apabila temperatur  $< 25$  °C maka *Heater* akan menyala untuk memanaskan air, sedangkan apabila temperatur  $> 25$  °C maka Termoelektrik akan menyala untuk membuang panas dan mendinginkan air tersebut.

Setelah itu air hujan yang berada didalam ruang pengukuran akan diukur oleh sensor pH, sensor konduktivitas, sensor temperatur air, dan sensor jumlah total padatan. Hasil pembacaan setiap sensor akan dikomunikasikan dengan mikrokontroller yang telah terhubung dengan wifi sehingga data pengukuran dapat dikirimkan ke *platform Internet of Things* serta data tersebut akan direkam oleh *Data Logger* agar dapat disimpan kedalam *MicroSD*.

#### 1.5.2.2 Analisis Data

Dalam melakukan analisis data hal yang dilakukan pertama yaitu melakukan perbandingan data *real-time* dengan ambang batas yang telah ditentukan pada setiap parameter sebagai analisis kualitas air hujan dari sisi faktor fisika dan kimia. Apabila data setiap parameter berada diatas ambang batas maka kualitas air hujan digolongkan buruk, sedangkan apabila data setiap parameter berada dibawah ambang batas maka kualitas air hujan digolongkan baik.

Selanjutnya yaitu melakukan pengujian sampel di laboratorium agar dapat dilihat akurasi data pengukuran *real-time* terhadap data laboratorium. Apabila data *real-time* sama atau mendekati data hasil uji laboratorium maka data *real-time* dapat dikatakan akurat, sedangkan apabila data tidak sama atau jauh dari data hasil uji laboratorium maka data *real-time* dikatakan buruk karena tidak akurat melakukan pengukuran. Selanjutnya yaitu melakukan analisis logam berat didalam air hujan dengan membandingkan data konsentrasi logam berat hasil uji laboratorium dengan standar baku mutu logam berat sebagai analisis kualitas air hujan dari sisi kandungan logam berat. Apabila konsentrasi logam berat didalam air hujan melebihi standar baku mutu maka kualitas air hujan tersebut buruk, sedangkan apabila konsentrasi logam berat didalam air hujan dibawah standar baku mutu maka kualitas air hujan tersebut baik. Selanjutnya yaitu proses analisis kualitas air hujan dari keseluruhan sisi baik itu sisi faktor fisika, kimia, maupun sisi kandungan logam beratnya. Proses ini dilakukan dengan melakukan perbandingan analisis sisi faktor fisika dan kimia dengan analisis sisi kandungan logam berat sehingga akan didapatkan data kualitas air hujan.

#### 1.5.2.3 Pengujian Sampel di Laboratorium

Setelah tiba waktu pengujian sampel, sampel air hujan dibawa ke laboratorium Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Kabupaten Bandung untuk diukur konsentrasi logam beratnya. Parameter logam berat yang akan dianalisis di laboratorium Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Kabupaten Bandung terlihat pada **Tabel 1.7**.

**Tabel 1.7** Parameter logam berat yang diuji di laboratorium

NO.	PARAMETER	VOLUME
1.	Besi (Fe)	1 contoh uji
2.	Kadmium (Cd)	1 contoh uji
3.	Mangan (Mn)	1 contoh uji
4.	Nikel (Ni)	1 contoh uji
5.	Seng (Zn)	1 contoh uji
6.	Tembaga (Cu)	1 contoh uji
7.	Timbal (Pb)	1 contoh uji
8.	Krom (Cr)	1 contoh uji

Selain melakukan pengujian konsentrasi logam berat, akan dilakukan juga pengujian parameter fisika dan kimianya sebagai perbandingan dengan pengukuran pada alat ukur kualitas air hujan. Parameter fisika dan kimia yang diukur dapat dilihat pada **Tabel 1.8**.

**Tabel 1.8** Parameter fisika dan kimia yang diuji di laboratorium

NO.	PARAMETER	VOLUME
1.	pH	1 contoh uji
2.	Konduktivitas	1 contoh uji
3.	TDS/TSS	1 contoh uji

#### 1.5.2.4 Stakeholder Yang Terlibat

Agar pengamatan konsentrasi logam berat pada air hujan dapat berjalan dengan baik, maka dibutuhkan kerja sama dari berbagai pihak untuk membantu menyukseskan pemantauan. Adapun pihak-pihak yang dapat berkolaborasi dalam pemantauan konsentrasi logam berat pada air hujan dan air sungai, diantaranya yaitu:

1) Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Kabupaten Bandung

Dalam pengujian konsentrasi logam berat di laboratorium, laboratorium Lingkungan Hidup yang berada di Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Kabupaten Bandung turut serta membantu melakukan pengujian sampel air hujan.

2) Telkom University

Dalam pemantauan kualitas air hujan menggunakan alat ukur kualitas air hujan, alat ukur disimpan di *rooftop* Gedung Kuliah Umum (GKU) Telkom University dan di lantai 19 Telkom University *Landmark Tower* (TULT). Pihak kampus Telkom University berkontribusi dengan memberikan izin pemasangan alat ukur.

## 1.6 Kesimpulan dan Ringkasan CD-1

Logam berat merupakan salah satu polutan yang berada di lingkungan dan apabila dalam jumlah banyak akan sangat berbahaya khususnya pada air. Karena hal tersebut, dilakukanlah pengamatan konsentrasi logam berat dalam air. Air yang digunakan sebagai sampel dalam pengamatan ini yaitu air hujan. Sampel air hujan digunakan karena logam berat yang berada di udara ambien dapat ter-*rainout* dan ter-*washout* oleh air hujan sehingga logam berat berada di air hujan. Pengamatan pada air hujan akan menggunakan alat ukur kualitas air hujan yang telah ada dengan parameter pH, konduktivitas, temperatur, dan curah hujan serta telah terintegrasi secara *real-time*. Pada alat ukur akan ditambahkan parameter jumlah total padatan didalam air karena logam berat yang berupa padatan dapat terlarut atau mengendap didalam air hujan tergantung dari kualitas air tersebut. Selain itu pada alat ukur akan ditambahkan sistem buka tutup otomatis agar air hujan yang berada didalam *chamber* tidak terkontaminasi oleh partikel lain dari luar *chamber* saat tidak turun hujan. Analisis data yang dilakukan secara garis besar yaitu melakukan perbandingan data dengan ambang batas untuk melihat kualitas air hujan dari sisi faktor fisika dan kimia, perbandingan data dengan standar baku mutu logam berat untuk melihat kualitas air hujan dari sisi kandungan logam beratnya, serta analisis kualitas air hujan secara keseluruhan baik itu dari sisi faktor fisika, kimia, dan kandungan logam berat agar didapatkan hasil kualitas air hujan dari berbagai faktor. Hasil pengamatan ini diharapkan dimanfaatkan oleh organisasi terkait ataupun khalayak umum untuk dianalisis lebih lanjut terkait konsentrasi logam berat pada sampel air.