

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Hujan

Air hujan yang jatuh cenderung berkualitas baik, akan tetapi apabila air hujan dikumpulkan dari atap bangunan tetap terkontaminasi dari dekomposisi bahan organik, material atap, dan kontaminan di udara. Pemurnian air adalah sebuah proses yang dilakukan untuk membuat air dapat diterima untuk penggunaan air minum, proses industri, medis dan penggunaan lainnya (Asnaning, 2018). Secara umum kualitas air hujan tergolong baik tetapi dapat menyebabkan kerusakan logam terutama akibat munculnya korosi/karat. Dari sudut pandang bakteriologis relatif bersih akan tetapi tergantung tempat penampungannya. Selain itu, air hujan terutama di perkotaan umumnya tercemar debu, asap kendaraan atau asap pabrik (Triastianti, 2018).

2.1.1 Hujan

Hujan merupakan salah satu parameter yang dapat membersihkan polutan udara di atmosfer. Karakteristik dan komposisi kimia air hujan dapat dipengaruhi oleh konsentrasi polutan udara dan volume curah. Saat hujan, butiran air hujan dapat membersihkan (menyapu) beberapa partikel besar dalam lintasannya dengan proses rainout maupun washout (Indrawati, 2017).

Hujan adalah air yang menguap karena panas matahari dan dengan proses kondensasi (perubahan uap air menjadi tetesan air yang sangat kecil) membentuk tetesan air yang lebih besar kemudian jatuh kembali ke permukaan. Dalam proses transportasi uap air akan bercampur dengan gas oksigen, nitrogen, karbondioksida, debu dan senyawa lainnya. Akibatnya, air hujan mengandung debu, bakteri dan senyawa lain di udara. Oleh karena itu kualitas air hujan tergantung pada kondisi lingkungan. Jenis hujan dibedakan berdasarkan naiknya udara ke atas (Bambang, 2008).

1. Hujan Konvektif

Di daerah tropis pada musim kemarau udara yang ada di permukaan tanah mengalami pemanasan dengan intensif. Akibat dari pemanasan tersebut kerapatan massa udara menjadi berkurang, sehingga udara lembab naik dan kemudian

mendingin menyebabkan terjadi kondensasi dan hujan. Pada umumnya hujan ini hanya di daerah yang sempit dengan intensitas tinggi dan waktu yang singkat.

2. Hujan Siklonik

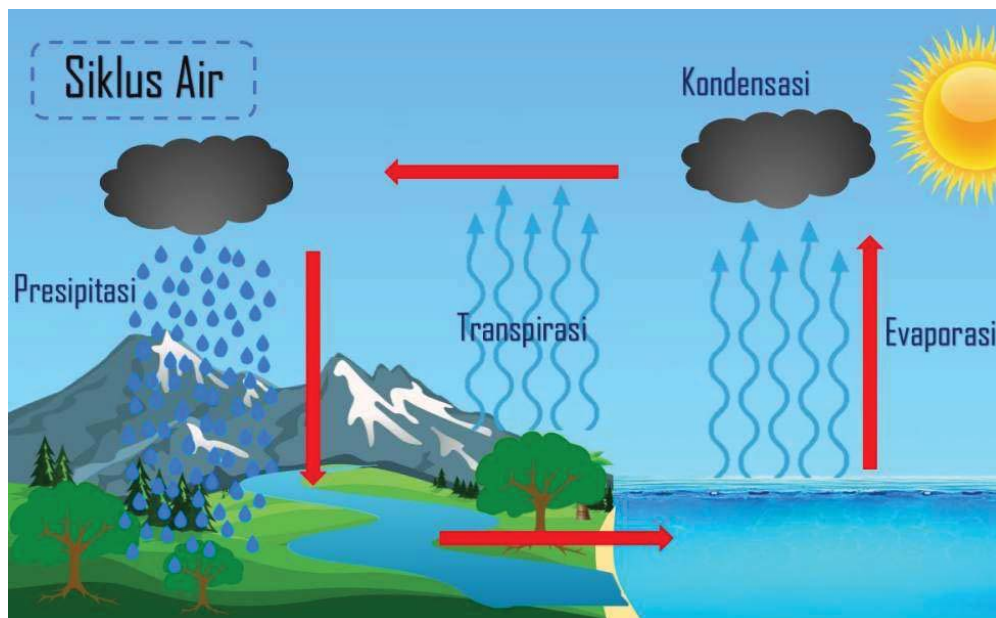
Ketika udara panas bermassa ringan bertemu dengan udara dingin bermassa berat dapat menyebabkan udara panas bergerak diatas udara dingin. Udara yang bergerak akan mengalami pendinginan dan terkondensasi sehingga terjadinya hujan. Jenis hujan ini bersifat tidak terlalu deras dan berlangsung lebih lama.

3. Hujan Orografis

Udara lembab akan tertiuap angin dan melintasi daerah pegunungan yang menyebabkannya menjadi dingin. Dari pendinginan akan terjadi kondensasi dan hujan. Jenis curah hujan ini biasanya meningkatkan curah hujan di daerah pegunungan sehingga menjadikan daerah tersebut sumber air tanah yang tinggi.

2.1.2. Siklus Hidrologi

Air sebagai kebutuhan dasar bagi setiap kehidupan di bumi dan sangat penting perannya bagi setiap makhluk hidup. Tidak hanya pada manusia, tapi juga pada hewan bahkan pada tumbuhan semuanya membutuhkan air untuk bertahan hidup seperti minum, membantu proses fotosintesis, dan masih banyak lagi kebutuhan lainnya.



Gambar 2 .1 Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi merupakan bagian penting dari alam yang mempengaruhi kehidupan manusia. Siklus ini merupakan proses perpindahan air dari satu tempat ke tempat yang lain, sehingga mempengaruhi ketersediaan air di suatu daerah. Walaupun jumlah air di bumi relative sama, namun ketersediaan air di suatu wilayah sangat di pengaruhi oleh beberapa factor dan komponen lainnya. Adanya sinar matahari secara terus menerus menyebabkan air pada permukaan bumi akan menguap. Penguapan juga mencakup pada permukaan tanah lapisan atas, air yang ada pada tumbuhan, hewan maupun manusia. Uap air dibawa oleh angin dan berkumpul di tempat yang tinggi yang biasa disebut awan. Awan akan terbawa angin semakin tinggi dimana wilayah yang tinggi memiliki temperatur rendah yang menyebabkan titik-titik air jatuh atau hujan. Air yang jatuh akan terserap oleh permukaan tanah dan sebagian lagi akan mengalir di permukaan tanah. Air yang terserap oleh permukaan tanah akan digunakan oleh tumbuhan sebagai proses fotosintesis dan akan menjadi air tanah yang digunakan manusia. Air yang mengalir di wilayah yang lebih rendah dan apabila bertemu cekungan akan berkumpul menjadi danau. Ada pula air yang mengalir langsung ke laut.

2.2 Kualitas Air Minum

Air Minum Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 adalah air yang sudah diolah atau belum diolah yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum. Air merupakan zat terpenting dalam kehidupan setelah udara, tubuh kita terdiri sekitar $\frac{3}{4}$ air dan kita tidak dapat bertahan hidup lebih dari 4-5 hari tanpa minum air. Air digunakan untuk kehidupan sehari-hari seperti memasak, mencuci dan mandi, tidak hanya itu air juga digunakan untuk keperluan industri, pertanian, pemadam kebakaran, tempat rekreasi, transportasi, dan lain sebagainya. Penyakit yang menyerang manusia dapat juga ditularkan dan disebarkan melalui air. Kondisi ini tentunya dapat menimbulkan wabah penyakit dimana- mana. Dari segi ilmu kesehatan masyarakat, penyediaan sumber air bersih harus dapat memenuhi kebutuhan masyarakat, karena keterbatasan persediaan air bersih dapat menyebabkan timbulnya penyakit di masyarakat dengan mudah.

2.3 Kualitas Air Hujan

Kualitas air hujan pada umumnya sangat tinggi (UNEP, 2001). Air hujan mengandung sangat sedikit polutan, sehingga airnya sangat bersih dan bebas dari mikroorganisme. Namun, ketika air hujan berkontak dengan permukaan area penyimpanan air hujan, tempat aliran air hujan dan tempat penampung air hujan, air tersebut akan membawa kontaminan fisik, kimia maupun mikrobiologi. Kualitas air hujan sangat tergantung pada karakteristik daerah seperti topografi, kondisi meteorologi, tipe daerah tangkapan air hujan, polusi udara, jenis tangki penampungan dan pengelolaan air hujan (Yulistyorini, 2011).

Di daerah pinggiran kota atau pedesaan, air hujan umumnya sangat bersih, tetapi di daerah perkotaan yang terdapat banyak kawasan industri dan lalu lintas yang padat dapat menyebabkan kualitas airnya menurun, seperti mengandung logam berat dan bahan organik dari emisi gas buang. Selain industri dan lalu lintas yang padat, permukaan material penangkap air hujan juga dapat mempengaruhi kualitas air (Helmreich, 2009).

Tabel 2. 1 Baku Mutu nitrat (NO_3^-) dan sulfat (SO_4^{2-})

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum Yang di Perbolehkan
NO_3^- (Nitrat)	mg/l	50
SO_4^{2-} (Sulfat)	mg/l	250

Sumber : Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010

2.4 Curah Hujan

Curah hujan yaitu jumlah air yang jatuh ke permukaan bumi selama periode tertentu yang diukur dengan satuan tinggi millimeter di atas permukaan horizontal. Curah hujan 1 milimeter dapat diartikan dalam luasan satu meter persegi pada tempat yang datar tertampung air setinggi 1 millimeter atau tertampung tertampung air setinggi 1 liter. Banyaknya air yang jatuh ke bumi dimana permukaannya di amsumsikan rata, kedap air, hujan tersebar merata, tidak terjadi pengupuan, dinyatakan dengan kedalaman satuannya mm. Curah hujan dibatasi sebagai tinggi air hujan yang diterima di permukaan sebelum mengalami aliran permukaan, evaporasi dan peresapan ke dalam tanah (Chandra, 2017).

Tabel 2. 2 Jumlah Hari Hujan dan Curah Hujan di Kota Pontianak Tahun 2019 – 2021

Bulan	Jumlah Harian Hujan			Curah Hujan (mm)		
	Tahun 2019	Tahun 2020	Tahun 2021	Tahun 2019	Tahun 2020	Tahun 2021
Januari	22	27	24	201,8	412,5	299,7
Februari	23	24	6	302,2	364,6	11,9
Maret	16	16	18	83,7	212,5	228,9
April	22	24	16	299,9	239,6	264
Mei	21	24	20	276,8	288,1	383
Juni	18	20	18	506,3	361,1	294
Juli	10	22	16	227,6	408,6	207
Agustus	7	21	20	73	165,3	630
September	9	23	22	58,1	446,1	444
oktober	30	24	15	579,4	203,9	285
November	21	26	20	371,5	565,4	214
Desember	26	21	15	635,8	194,4	163
Rata-Rata	19	23	17,5	301,3	321,8	320,4

Sumber : Badan Pusat Statistik Dalam Angka 2020-2022 di Kota Pontianak

2.5 Penampungan Air Hujan (PAH)

Air hujan merupakan sumber air berkualitas tinggi yang tersedia pada musim hujan dan dapat mengurangi pemakaian air bersih yang berasal dari sumber air tanah (Yulistyorini, 2011). Air hujan yang terkumpul adalah sumber daya terbarukan yang dapat digunakan untuk berbagai tujuan, termasuk minum, memasak, menyirami taman, dan kegiatan sehari - hari. Sistem penampungan air hujan juga cocok untuk irigasi dan bentang ladang (Awawdeh, 2012).

Penampungan Air Hujan (PAH) merupakan sistem untuk menampung air hujan yang berasal dari atap bangunan, permukaan jalan, permukaan tanah, atau daerah tangkapan dengan menggunakan teknik sederhana seperti tangki air, untuk teknik yang lebih kompleks dapat menggunakan bendungan penyimpanan bawah tanah (Abdulla, 2009). Penampungan air hujan dari atap bangunan merupakan alternatif untuk mendapatkan sumber air bersih yang dapat digunakan ketika musim kemarau dengan sedikit pengolahan sebelum digunakan untuk berbagai macam kebutuhan. Salah satu upaya dalam melestarikan sumber air yang semakin berkurang dapat dilakukan dengan pembangunan penampungan air hujan (Khaerudin, 2013).

Sistem PAH (penampungan air hujan) pada umumnya terdiri dari area pengumpulan (atap), talang atau pipa, dan tempat penyimpanan. Area pengumpulan biasanya berupa atap dari sebuah bangunan. Area atap dapat lebih efisien karena bahan atap mempengaruhi efisiensi pengumpulan dan kualitas air. Sistem pengangkutan biasanya berupa pipa yang membawa air hujan dari atap menjujutempat penampungan. Talang atau pipa harus berukuran dan di pasang dengan benar untuk memaksimalkan jumlah air hujan yang ditampung. Talang atau pipa air hujan biasanya dipasang di dalam dinding bangunan atau dinding yang sedang dibangun. Pembangunan tangki air dapat dibuat dalam berbagai bentuk seperti silinder, persegi panjang, dan kotak sedangkan untuk bahan nya seperti batu bata, batu, semen, beton polos, dan beton bertulang (Abdulla, 2009). Tempat penampungan dapat berupa tangki di atas atau di bawah tanah. Dalam menjaga kualitas air hujan diperlukan filter atau penyaring untuk memisahkan kotoran (daun, ranting, dan plastik) agar tidak terbawa ke saluran penampungan oleh air hujan. Filter yang baik seharusnya dapat dengan mudah dibersihkan dan bisa dilepas (Beza, 2016).

2.6 Hujan Asam

Hujan asam merupakan salah satu indikator kondisi pencemaran udara dan air. Hujan asam terjadi karena banyak polutan di udara yang larut dan terbawa oleh air hujan sehingga menyebabkan pH air hujan berada di bawah rata-rata. Batas nilai rata-rata pH air hujan yaitu 5,6 dari keasaman air hujan, Apabila pH air hujan menunjukkan nilai pH dibawah 5,6 maka hujan tersebut dapat dikatakan sebagai hujan asam, karena memiliki nilai keasaman air hujan di bawah 5,6 (Budiwati, 2009). Hujan asam dapat menyebabkan pengikisan pada bangunan atau yang bersifat korosif terhadap bahan bangunan dan dapat merusak kehidupan biota di perairan (BMKG, 2004). Air hujan yang bersifat asam memiliki hubungan dengan konsentrasi SO_x dan NO_x yang terlarut dalam air hujan. Semakin tinggi konsentrasi SO_x dan NO_x, semakin tinggi keasaman air hujan.

Hujan asam dapat disebabkan oleh proses alam, misalnya emisi gas gunung api dan aktivitas manusia. Umumnya hujan asam yang disebabkan oleh aktivitas manusia seperti industri, pembangkit listrik dan kendaraan bermotor. Gas-gas

yang dihasilkan oleh proses ini dapat terbawa angin hingga ratusan kilometer di atmosfer sebelum berubah menjadi asam dan jatuh ke bumi (Matahelumual, 2016). Hujan asam terjadi akibat pengaruh pencemaran oksida yang berasal dari proses pembakaran bahan bakar fosil dari kegiatan industri, pembangkit tenaga listrik, dan kendaraan bermotor yang melepas gas buang ke udara atau yang terbawa angin ke atmosfer. Polutan asam dihilangkan dari atmosfer melalui deposisi basah (wet deposition) dan deposisi kering (dry deposition). Gas – gas tersebut bereaksi dengan uap air, oksigen, atau partikel debu, dan dengan bantuan sinar matahari akan mempercepat reaksi terbentuknya asam sulfat dan asam nitrat (Handriyono, 2018).

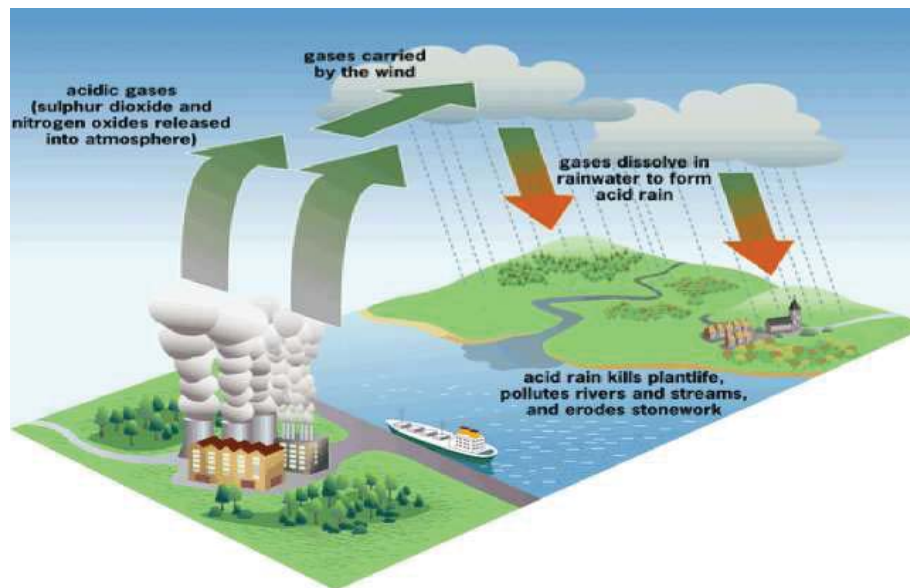
2.6.1 Proses Hujan Asam

Penyebab terjadinya hujan asam yaitu pertemuan antara gas yang dihasilkan dari proses pembakaran bahan bakar dari kendaraan bermotor dengan aktivitas alam berupa karbon dioksida (CO_2) dan karbon monoksida (CO) yang telah bercampur dengan uap air lainnya (H_2O). Hasil pertemuan gas suatu senyawa yang dihasilkan dari penguapan menjadi asam karbonat (H_2CO_3), hasil dari pertemuan gas tersebut termasuk ke dalam kategori asam lemah (Kurniawan, 2011 dan Wardhani, 2015). Gas yang dihasilkan selama pembakaran atau pemanasan dari belerang berupa hidrogen sulfida (H_2S) dan sulfur oksida (SO_2) kemudian bertemu dengan uap air (H_2O) membentuk asam sulfat (H_2SO_4), hasil dari pertemuan gas tersebut termasuk ke dalam kategori asam kuat (Satriawan, 2018).

Proses hujan asam dapat disebabkan oleh aktivitas manusia dan alam yang menyebabkan terbentuknya gas-gas penyebab hujan asam seperti karbon dioksida, karbon monoksida, sulfur dioksida dan hidrogen (Alfiandy, 2021) . Gas-gas tersebut akan mengendap bahkan larut bersama uap air yang telah menjadi embun maupun turun sebagai hujan. Gas hasil pembakaran dibawa oleh angin menuju tempat yang jauh dari sumbernya dan semakin ke atas. Saat mencapai bagian atas (atmosfer), gas bercampur dengan uap air (awan) dan uap air tersebut akan jenuh hingga akhirnya melepaskan massa yang dibawanya menjadi butiran-butiran es (Sudalma, 2015). Hujan asam adalah hasil gabungan dari uap air yang

mengandung senyawa anorganik dan gas-gas yang memiliki sifat asam-basa lemah maupun asam-basa kuat.

Hujan asam terjadi karena tingginya kadar gas sulfur dioksida (SO_2) dan nitrogen dioksida (NO_2) berdifusi ke atmosfer dan bereaksi dengan air untuk membentuk asam sulfat dan asam nitrat, yang jatuh bersama air hujan. pH (*Potensial Hydrogen*) adalah skala pengukuran untuk mengukur aktivitas ion hidrogen (pembentuk asam) (Wardhani, 2015). Air hujan biasanya bersifat asam, karena dapat melarutkan gas-gas yang terdapat di atmosfer seperti gas karbondioksida (CO_2), sulfur (S), dan nitrogen oksida (NO_2) yang dapat membentuk asam lemah (Wahyudi, 2021). Nilai pH menunjukkan derajat keasaman atau kebasaaanair. Karena pH sangat berpengaruh terhadap kehidupan tumbuhan dan hewan akuatik, maka pH di suatu perairan sering digunakan sebagai indikator baik atau buruknya perairan sebagai lingkungan hidup. Hubungan antara pH dan sebaran hewan akuatik di perairan alamiah sangat menarik dalam kaitannya dengan masalah pencemaran hujan asam dan proses pengasaman perairan secara alami (Nugroho, 2006).



Gambar 2.2 Siklus Hujan Asam

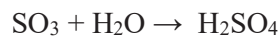
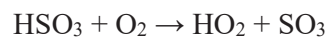
Deposisi asam terjadi apabila asam sulfat, asam nitrat, atau asam klorida yang ada di atmosfer baik sebagai gas maupun cair terdeposisikan ke tanah,

sungai, danau, hutan, lahan pertanian, atau bangunan melalui tetes hujan, kabut, embun, salju, atau butiran-butiran cairan (aerosol), ataupun jatuh bersama angin.

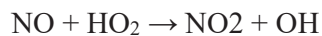
Asam-asam tersebut berasal dari prekursor hujan asam dari kegiatan manusia (anthropogenic) seperti emisi pembakaran batubara dan minyak bumi, serta emisi dari kendaraan bermotor. Kegiatan alam seperti letusan gunung berapi juga dapat menjadi salah satu penyebab deposisi asam. Reaksi pembentukan asam di atmosfer dari prekursor hujan asamnya melalui reaksi katalitis dan fotokimia. Reaksi-reaksi yang terjadi cukup banyak dan kompleks, namun dapat dituliskan secara sederhana seperti dibawah ini.

1. Pembentukan Asam Sulfat (H_2SO_4)

Gas SO_2 , bersama dengan radikal hidroksil dan oksigen melalui reaksi fotokatalitik di atmosfer, akan membentuk asamnya.



Selanjutnya apabila diudara terdapat Nitrogen monoksida (NO) maka radikan hidroperoksil (HO_2) yang terjadi pada salah satu reaksi diatas akan bereaksi kembali seperti:



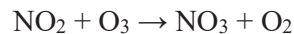
Pada reaksi ini radikal hidroksil akan terbentuk kembali, jadi selama ada NO diudara, maka reaksi radikal hidroksil akan terbantu kembali, jadi semakin banyak SO_2 , maka akan semakin banyak pula asam sulfat yang terbentuk.

2. Pembentukan Asam Nitrat (HNO_3)

Pada siang hari, terjadi reaksi fotokatalitik antara gas Nitrogen dioksida dengan radikal hidroksil.



Sedangkan pada malam hari terjadi reaksi antara Nitrogen dioksida dengan ozon



Didaerah peternakan dan pertanian akan concong menghasilkan asam pada tanahnya mengingat kotoran hewan banyak mengandung NH_3 dan tanah pertanian

mengandung urea. Amoniak di tanah semula akan menetralkan asam, namun garam-garam ammonia yang terbentuk akan teroksidasi menjadi asam nitrat dan asam sulfat. Disisi lain amoniak yang menguap ke udara dengan uap air akan membentuk ammonia hingga memungkinkan penetralan asam yang ada di udara.

HNO_3 sangat asam dan larut dengan baik sekali. Selain itu juga merupakan asam keras dan reaktif terhadap benda-benda lain yang menyebabkan korosif. Oleh sebab itu, presipitasinya akan merusak tanaman terutama daun (Kurniawan, 2011).

2.7 Sumber Polutan Hujan Asam

Secara alami hujan asam dapat terjadi akibat letusan gunung merapi, proses biologis tanah, rawa-rawa dan laut. Namun, sebagian besar hujan asam disebabkan oleh aktivitas manusia seperti industri, pembangkit tenaga listrik, dan transportasi. Gas yang dihasilkan dari proses kegiatan tersebut dapat terbawa oleh angin ke atmosfer sebelum berubah menjadi asam dan mengendap ke tanah (Agustiarni, 2008).

Sumber utama terjadinya pencemaran udara adalah Bahan bakar fosil. Pencemaran udara yang terjadi berbanding lurus dengan perkembangan industri modern, pembangkit tenaga listrik, penggunaan batubara dan kemajuan di sektor transportasi. Aktivitas transportasi merupakan penyebab utama terjadinya hujan asam. Masalah hujan asam tidak hanya meningkat, tetapi meluas dengan pertumbuhan penduduk dan industri. Penggunaan cerobong asap yang tinggi untuk mengurangi populasi lokal berkontribusi dalam penyebaran hujan asam, karena emisi gas yang dikeluarkan memasuki sirkulasi udara di wilayah yang lebih luas (Agustiarni, 2008).

Kegiatan transportasi berperan penting terhadap penurunan kualitas udara (Gonzalez, 2016). Gas SO_2 dan NO_2 yang dilepakan ke atmosfer merupakan salah satu penyebab terjadinya hujan asam. Emisi gas SO_2 dan NO_2 disebabkan oleh aktivitas manusia dapat berubah menjadi nitrat (NO_3^-) dan sulfat (SO_4^{2-}) melalui proses fisika dan kimia yang kompleks. Sumber utama NO_2 ke atmosfer berasal dari proses industri non-pembakaran tertentu seperti pembuatan asam nitrat, penggunaan bahan peledak dan pengelasan (Prakash, 2017). Disisi lain, sumber

utama sulfur dioksida (SO_2) di atmosfer adalah pembakaran bahan bakar fosil dari pembangkit listrik dan fasilitas industri lainnya (Yu, 2016).

2.8 Dampak hujan Asam

Hujan asam memiliki banyak dampak negatif termasuk kualitas air permukaan yang menurun. Hal tersebut berdampak buruk bagi biota berupa flora maupun fauna yang hidup didalamnya. Saat pH air sungai turun, populasi ikan dan organisme lainnya di perairan mengalami penurunan. Selain itu, hujan asam dapat merusak jaringan tanaman, menghambat pertumbuhan tanaman dan dapat menyebabkan kematian pada tanaman.

Bagi tanah, hujan asam dapat melarutkan logam berat sehingga logam berat akan larut dalam air tanah dan air permukaan. Hal ini dapat mempengaruhi kualitas air. Air tanah dan air permukaan yang tercemar ini apabila dikonsumsi dapat menimbulkan gangguan kesehatan bagi tumbuhan, hewan dan manusia . Salah satu dampak hujan asam bagi kesehatan manusia yaitu penyakit pernapasan, dan dapat menyebabkan kelahiran premature dan kematian pada bayi. Selain itu, hujan asam menimbulkan korosi pada logam dan dapat merusak berbagai logam motor, mobil, pagar, monumen dan patung maupun bangunan. (Anuar, 2015).

Hujan asam memiliki dampak negatif terhadap lingkungan. Air hujan dengan pH kurang dari 5,6 memiliki dampak negative terhadap lingkungan dan kesehatan. Nilai pH di bawah 5,6 mempengaruhi karakteristik, monumen, dan ekosistem terutama badan air dan tanah (Supriantini, 2017). Hujan yang turun ke bumi dan mengandung senyawa berbahaya seperti SO_2 , NO_2 yang membentuk asam sulfat (H_2SO_4) dan asam nitrat (HNO_3) yang disebut sebagai hujan asam (Sudalma, 2012). Senyawa tersebut sangat berbahaya baik pada tanah, tanaman, hewan, maupun manusia.

Dampak yang timbulkan dari hujan asam yakni :

1. Mengotori dan merusak bangunan
2. Merusak material
3. Merusak tumbuhan dan tanah
4. merusak ekosistem air
5. kesehatan manusia

2.8.1 Dampak Hujan Asam terhadap Kesehatan

Nilai pH dibawah dari 5,6 memiliki sifat lebih asam sehingga, apabila dikonsumsi oleh manusia dapat merusak organ tubuh. Air yang bersifat asam dapat melepaskan logam dari pipa seperti tembaga (Cu), timbal (Pb), dan seng (Zn) sehingga air dapat mengandung zat-zat tersebut. Kandungan logam dalam air secara tidak langsung mempengaruhi estetika air minum sehingga menyebabkan rasa asam pada air minum (Emilia, 2019).

Dampak hujan asam bagi kesehatan manusia adalah gangguan saluran pernapasan, dan dapat menyebabkan bayi terlahir secara prematur dan meninggal. Kadar nitrat yang tinggi dalam air minum dapat menyebabkan gangguan kesehatan. Knobloch menemukan kasus penyakit *Blue Baby syndrome* atau *methemoglobinemia*. Gejala penyakit ini disebabkan oleh zat besi II dalam darah (*hemoglobin*) sebagai inti sel darah merah teroksidasi oleh nitrat menjadi besi III (*methemoglobin*) sehingga darah tidak dapat membawa oksigen (Sutanto, 2013).

Nitrat dalam jumlah besar dapat menyebabkan gangguan diare campur darah, diikuti dengan kejang-kejang, koma, dan bila tidak tertolong akan meninggal. Keracunan kronis dapat menyebabkan depresi dan sakit kepala. *Methemoglobin* dapat terjadi apabila *hemoglobin* terpapar oksidator seperti nitrat. Faktanya darah manusia secara normal mengandung kurang dari 2% *methemoglobin*, tetapi ketika *methemoglobin* meningkat menjadi 10% hingga 20% kemampuan darah untuk mengangkut oksigen berkurang secara signifikan. *Methemoglobin* adalah hemoglobin yang didalamnya ion Fe^{+2} diubah menjadi ion Fe^{+3} , mengurangi kemampuannya untuk mengikat oksigen dan mengubah darah menjadi coklat. Darah mengandung *methemoglobin* tingkat tinggi yang disebut *methemoglobinemia* dengan gejala tubuh berwarna biru (sianosis), sesak nafas, mual, muntah-muntah dan shock. Kematian dapat terjadi apabila kadar *methemoglobin* mencapai 70% (Nugroho, 2006).

Tabel 2. 3 Kadar Methemoglobin

Kadar Methemoglobin	Gejala Yang timbul
3%	Kadar normal
3% - 10%	Tidak ada gejala klinis
15 – 15%	Kemampuan darah untuk mengangkut oksigen berkurang dan menyebabkan darah menjadi coklat
15% - 20%	Terjadi sianosis dimana itu berwarna biru- abu-abu, biasanya asymptomatic
20% - 45%	Sakit kapala, pusing, lemah, kurangnya produktivitas, kesulitan bernafas
45% - 55%	Peningkatan depresi pada CNS (Sistem Saraf Pusat)
55% - 65%	Koma, seizures, cardiac failure, cardiac arrhythmias, metabolic asidosis
>65%	Resiko tinggi yang dapat menyebabkan kematian

Sumber : (Nugroho, 2006).