

## HUJAN ASID: SATU KAJIAN AWAL DI IPOH, PERAK

*(ACID RAIN: A PRELIMINARY STUDY IN IPOH, PERAK)*

**Mohd Hishamudin Che Omar, Mohd Hairy Ibrahim,  
Mohd Ihsan Muhamad Ismail, Nor Kalsum Mohd Isa,  
Mohd Hashiq Hashim, Kamarul Ismail,  
Sharif Shofirun Sharif Ali & Aditya Saputra**

### Abstrak

---

Air hujan yang mempunyai nilai pH kurang daripada pH 5.6 diklasifikasikan sebagai hujan asid. Hujan asid merupakan salah satu fenomena alam sekitar yang wujud disebabkan oleh arus pemodenan yang pesat dan perkembangan aktiviti pembangunan tanpa mementingkan aspek alam sekitar. Hujan asid juga amat berkait rapat dengan kualiti udara. Kerosotan kualiti udara akan menjurus kepada peningkatan asid dalam titisan air hujan. Hujan asid dikaji berdasarkan nilai pH (Potensi Hidrogen) yang merupakan kaedah pengukuran berdasarkan penunjuk pH atau alat meter pH. Kemajuan pembangunan, aktiviti antropogenik dan peningkatan bilangan kenderaan merupakan penyebab kepada peningkatan kejadian hujan asid. Penumpuan kawasan yang paling ketara menerima hujan asid ini adalah tertumpu di kawasan pantai barat Semenanjung Malaysia dan menganjur hingga ke selatan Semenanjung Malaysia. Kajian ini dijalankan di sekitar bandar Ipoh dengan menguji sampel air hujan yang diambil daripada 15 lokasi pencerapan. Sampel air hujan ini di kumpulkan setiap hari sepanjang tempoh 14 hari pada bulan Julai 2020 dan April 2021. Pemilihan lokasi ini kerana bandar Ipoh merupakan sebahagian kawasan yang terletak dalam kawasan penumpuan hujan asid. Kawasan bandar Ipoh juga unik kerana pembangunan kawasan ini terletak dalam Lembah Kinta dan kawasan keluk seperti kawah yang memerangkap bahan pencemar di kawasan ini. Dapatan kajian mendapati nilai pH terendah yang menunjukkan tahap keasidan hujan yang tinggi dicatatkan pada bulan Julai 2020 iaitu pH 4.71 berbanding pH 5.61 pada bulan April 2021. Tidak dinafikan juga bahawa kejadian hujan asid ini akan memberi kesan kepada material bangunan, alam sekitar dan kesihatan manusia di bandar Ipoh.

---

**Kata kunci:** Hujan asid, pH, bahan pencemar

### Abstract

---

*Rainwater that has a pH value less than pH 5.6 is classified as acid rain. Acid rain is an environmental phenomenon that exists due to the rapid modernization and increase of development activities without considering the environmental aspects. Acid rain is also closely related to air quality. Deterioration of air quality will lead to an increase of acidity in rainwater droplets. Acid rain is studied based on the pH value (Hydrogen Potential), which is a measurement method based on a pH indicator or pH meter device. Development progress, anthropogenic activities and the increasing number of vehicles are the main reasons that escalates the occurrence of acid rain. The most significant concentration of acid rain occurs*

*in the west coast of Peninsular Malaysia which then extends further towards the south. For this study, rainwater samples from 15 observation location around the city of Ipoh were taken and examined. The samples were collected daily over a period of 14 days in July 2020 and April 2021. The city of Ipoh was selected for this study because acid rain is more concentrated in the area. The Ipoh urban area is also unique because the development in this area is located in the Kinta Valley and curved shaped areas such as craters which traps pollutants. Findings of this study found that the lowest pH value indicating a high level of rain acidity was recorded in July 2020 which is pH 4.71 compared to pH 5.61 in April 2021. There is no doubt that the occurrence of acid rain will affect building materials, environment and human health. in the city of Ipoh.*

---

**Keywords:** *Acid rain, pH, pollutants*

## PENGENALAN

Faktor utama perubahan iklim Malaysia yang menyebabkan kejadian hujan asid adalah perkembangan sektor ekonomi (Anand et al. 2019; Zailina et al. 1997). Hal ini kerana, sektor pembinaan di Malaysia telah berkembang maju sejak awal tahun 1980-an, keadaan ini telah dilalui oleh kebanyakan negara maju dan Malaysia sedang bergerak ke arah tersebut. Menurut Ibrahim (1991), industri merupakan aktiviti penting bagi sesebuah negara dalam usaha memajukan ekonomi dan merangsang kemajuan infrastruktur yang lebih baik. Kepesatan pembangunan ekonomi ini telah merubah kualiti udara sekeliling dengan wujudnya bahan pencemar akibat perkembangan dan peningkatan pembangunan fizikal dan kewujudan pusat-pusat industri di bandar (Anand et al. 2019; Valencia et al. 2019; Miller, 1992). Keadaan ini telah menyebabkan kualiti udara di bandar semakin mengalami perubahan yang turut mempengaruhi kepekatan asid dalam kerapan.

Dewasa ini, kajian berkaitan perubahan iklim semakin diberi perhatian oleh pengkaji mengikut pelbagai perspektif dan bidang kajian. Antara pengkaji yang menjurus kepada kajian berkaitan kaji iklim adalah Parker et al. (1997), Blaikie et al. (1994) dan Cvetkovich et al. (1992). Berdasarkan kajian yang telah dijalankan, pengkaji telah banyak membincangkan tentang daya tahan dan kemampuan bumi untuk terus bertahan terhadap perubahan yang semakin ketara sehingga mengganggu fungsi ekosistem asal. Di Malaysia, kajian seperti ini turut memainkan peranan penting sebagai salah satu strategi merancang pengurusan alam sekitar yang lebih efisien. Kegagalan dalam merancang dan menguruskan alam dengan baik akan menjejaskan fungsi bumi sebagai satu-satunya planet yang didiami manusia (Daniel et al. 2006).

Kajian terhadap data hujan dapat menentukan pelbagai impak yang berlaku ke atas permukaan bumi (Mohamad Suhaily Yusri et al. 2013). Hujan memainkan peranan penting dalam kelangsungan kehidupan di bumi. Namun begitu, perkembangan ekonomi bandar yang semakin pesat telah mengundang isu berkaitan alam sekitar terutamanya kemerosotan kualiti air hujan (Siti Fadzilatulhusni et al. 2011). Hal ini kerana, kualiti udara sekeliling mampu mempengaruhi kualiti air hujan yang mengundang kepada pembentukan hujan asid (Wan Ruslan 1994). Hal ini dibuktikan melalui kajian yang dijalankan oleh Galloway (1988), yang menyatakan bahawa perkembangan ekonomi bandaraya menyumbang kepada meningkatnya jumlah pemendapan asid di bandar-bandar Asia.

Agensi kerajaan yang bertanggungjawab menjalankan pemantauan komposisi atmosfera dan melaksanakan aktiviti pemantauan pemendapan berasid di Malaysia adalah Jabatan Meteorologi Malaysia (MET Malaysia). MET Malaysia juga turut terlibat sebagai *National QA/QC Manager* dan *National Center* dalam program *Acid Deposition Monitoring Network in East Asia (EANET)* bermula sejak tahun 2000. Bagi rangkaian stesen pemantauan komposisi atmosfera Met Malaysia mempunyai keseluruhan 27 stesen pemantauan di seluruh negara. Manakala bagi rangkaian stesen pemantauan mendapan asid di Malaysia, MET Malaysia mempunyai 22 buah stesen yang mana terdapat 17 stesen di Semenanjung Malaysia, empat stesen di Sabah dan dua stesen di Sarawak. Selain MET Malaysia, Jabatan Alam Sekitar (JAS) turut memainkan peranan dalam memantau dan memastikan tahap kualiti

udara di Malaysia. JAS Malaysia turut mempunyai 52 stesen pemantauan kualiti udara yang terletak di seluruh Malaysia.

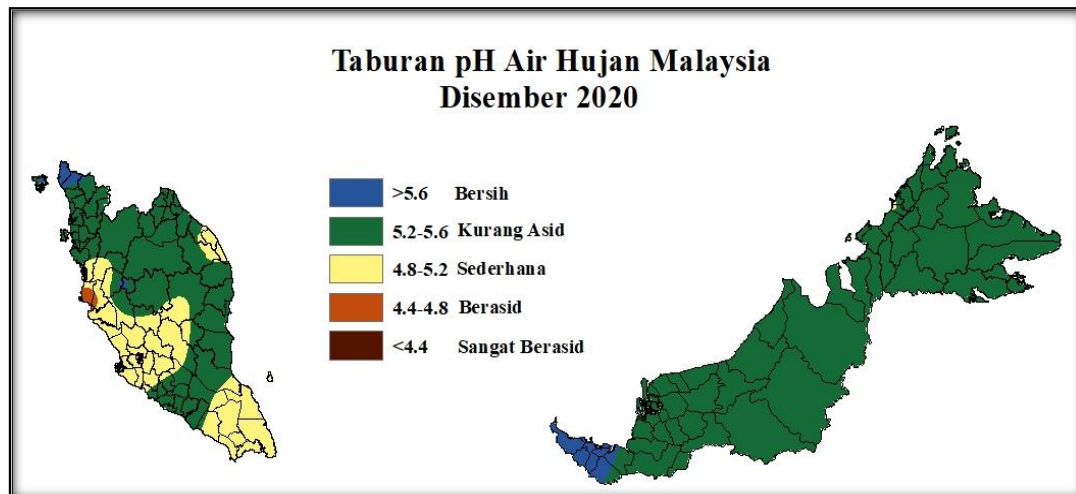
## **FENOMENA HUJAN ASID DI MALAYSIA**

Hujan asid merupakan isu alam sekitar yang dipengaruhi oleh aktiviti manusia dalam aspek perkembangan aktiviti pembangunan, perindustrian dan pengangkutan. Selain itu, hujan asid juga boleh berlaku disebabkan oleh aktiviti alam semula jadi seperti letusan gunung berapi (Maznorizan et al. 2010; Main 2009). Menurut Bouwman et al. (2002), kejadian hujan asid merupakan masalah alam sekitar utama bagi negara-negara di Eropah, Asia Timur, dan Amerika Utara. Selain itu, berdasarkan kajian yang dijalankan oleh Zhang et al. (2007) dan Han dan Liu (2005) turut mengenal pasti bahawa kawasan selatan China sangat terkesan oleh masalah pencemaran asid yang menyumbang kepada pembentukan hujan asid. Hujan asid ini juga turut menjadi masalah pencemaran yang kini mula menular di persekitaran Asia Tenggara terutamanya Malaysia (Zailina et al. 1997). Peningkatan asid di atmosfera yang menjurus kepada pembentukan hujan asid ini menimbulkan pelbagai isu terhadap alam sekitar fizikal dan manusia.

Kejadian hujan asid adalah berpunca daripada peningkatan tahap keasidan ekoran berlakunya pencemaran udara di atmosfera. Pencemaran udara di ruangan atmosfera terjadi apabila terdapatnya bahan pencemar udara yang dilepaskan daripada kilang-kilang (Mohd Hashiq et al. 2020). Selain itu, gabungan antara sulfur dan nitrogen yang dilepaskan ke atmosfera oleh tindakan manusia seperti pembakaran arang batu dalam loji jana kuasa serta petrol dalam kenderaan telah meningkatkan keasidan udara di atmosfera (Mohd Anuar et al. 1999). Hujan asid telah dianggap sebagai bencana alam sekitar yang disebabkan oleh pencemaran udara dan boleh memberi kesan terhadap fizikal dan manusia. Hal ini kerana, kejadian hujan asid akan memberi kesan terhadap kualiti hidup manusia, mengancam kestabilan dan kelestarian alam sekitar, merosakkan sumber makanan serta tumbuhan, mengganggu pertumbuhan ekonomi dan memberi kesan terhadap kesihatan manusia (Anita Singh et al. 2008; Anon 1984; Semonin et al. 1984).

Pendedahan manusia terhadap hujan asid dan bahan cemar udara yang menyebabkan hujan asid secara terus akan memberi kesan terhadap kesihatan manusia (Anita Singh et al. 2008; Semonin et al. 1984). Seterusnya, hujan asid ini juga dilihat semakin memberi kesan terhadap fizikal bandar seperti bangunan bersejarah danugu-tugu peringatan (Semonin et al. 1984; Main 2009). Selain itu, berdasarkan laporan oleh Jabatan Alam Sekitar (2009), turut menyatakan bahawa hujan asid di Malaysia boleh memberi kesan terhadap bangunan dan harta benda. Keadaan ini jika dibiarkan berterusan akan menjejaskan kestabilan ekosistem dan pembaziran dalam pengurusan aset dan infrastruktur seperti pengurusan bangunan perniagaan dan khususnya bangunan bersejarah.

Menurut Main (2003), kejadian hujan asid di Malaysia sudah pun direkodkan sejak sekurang-kurangnya awal tahun 1990-an. Penumpuan kawasan yang paling ketara menerima hujan asid ini adalah tertumpu di kawasan pantai barat Semenanjung Malaysia dan menganjur hingga ke selatan Semenanjung Malaysia. Sebagai rekod purata pH hujan, tidak ada negeri di Malaysia yang menerima curahan hujan asid yang kurang daripada pH 4.4. Manakala negeri-negeri seperti Perak, Selangor keseluruhannya, Kuala Lumpur, Negeri Sembilan, Melaka, selatan negeri Johor dan pedalaman Pahang telah menerima hujan asid dengan nilai pH antara pH 4.4 hingga Ph 4.8 (Main 2009). Manakala nilai pH yang dicatatkan di kawasan pantai barat terutamanya di Perak dan Kuala Lumpur menunjukkan tahap keasidan hujan yang 10 kali lebih berasid berbanding kawasan utara Semenanjung Malaysia dan 100 kali lebih berasid berbanding hujan di negeri Perlis (Main 2009 dan Ayers et al. 1999).



Rajah 1. Taburan pH Air Hujan Malaysia

Sumber: Jabatan Meteorologi Malaysia

<https://www.met.gov.my/pencerapan/sainsatmosfera/mendapanasid>

Berdasarkan rajah 1, didapati kawasan yang mencatatkan pH air hujan yang bersih di Malaysia tertumpu di kawasan utara negeri Perlis dan pedalaman Perak di kawasan Semenanjung Malaysia. Manakala di Sarawak hanya tertumpu di kawasan barat daya yang meliputi bandar Kuching hingga ke Semantan. Seterusnya kawasan yang mencatatkan nilai pH kurang bersih antara pH 5.2 hingga pH 5.6 adalah negeri Sarawak, seluruh negeri Sabah dan di Semenanjung Malaysia tertumpu di kawasan pedalaman dan kawasan Pantai Timur Semenanjung. Penumpuan kawasan yang paling ketara menerima hujan asid (nilai pH 4.8 hingga pH 5.2) adalah tertumpu di kawasan pantai barat Semenanjung Malaysia dan menganjur hingga ke selatan semenanjung Malaysia. Di kawasan pantai timur pula tertumpu di kawasan Kuala Terengganu. Nilai bacaan pH antara pH 4.4 hingga pH 4.8 yang merupakan pH paling tinggi dicatatkan di Malaysia adalah berlaku di kawasan Sitiawan, Perak.

## PROSES KEJADIAN HUJAN ASID

Kejadian hujan asid berlaku semasa proses kejadian hujan yang turut dikaitkan dengan pencemaran udara setempat. Istilah hujan asid telah diperkenalkan oleh Robert Angus Smith pada tahun 1872. Beliau merupakan seorang ahli farmasi dari Manchester (England) dan telah membuat pengukuran dan menemui tahap keasidan air hujan yang tinggi di kawasan perindustrian di England dengan kawasan bandingannya iaitu kawasan yang kurang tercemar iaitu kawasan yang berhampiran dengan pantai. Penemuan ini telah menarik perhatian apabila para ahli biologi setelah melihat penurunan hasil tangkapan ikan di tasik kawasan selatan Norway yang dikaitkan dengan kejadian hujan asid. Keadaan yang serupa telah berlaku di Amerika Utara pada tahun 1960-an. Hasil penemuan ini telah mendorong penyelidikan yang lebih terperinci untuk memahami asal usul fenomena hujan asid (Gorham 1998; Sivaraman 2015).

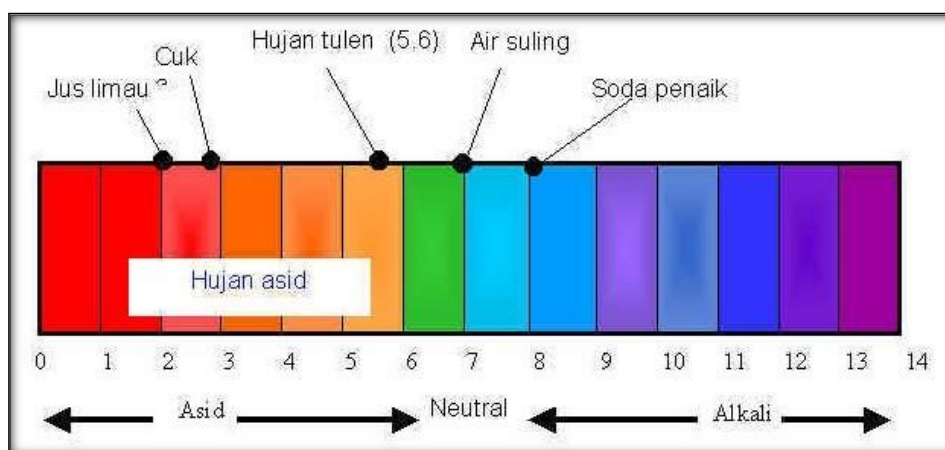
Hujan asid merupakan satu terma yang digunakan untuk menyatakan bagaimana asid yang terdapat dalam atmosfera turun semula ke permukaan bumi. Terma yang lebih tepat untuk menerangkan proses ini adalah pemendapan asid. Cara bagaimana komponen-komponen berasid ini termendap ke tanah akan menentukan sama ada ia adalah mendapan basah atau kering (Jabatan Meteorologi Malaysia, 2019; Park 1987). Pemendapan basah merujuk kepada hujan, salji dan embun dan mendapan kering pula merujuk kepada gas dan debu (Wondyfraw 2014). Secara umumnya definisi hujan asid itu sendiri merujuk kepada sebarang bahan yang memisahkan dalam air untuk menghasilkan larutan korosif masam yang mengandungi ion hidrogen yang berpunca dari pelepasan sulphur dioksida. Menurut Sunita & Sharad (2013), hujan asid adalah istilah yang merujuk kepada campuran bahan yang tersimpan di atmosfera yang mengandungi jumlah asid nitrik dan sulfur yang lebih tinggi dari biasa. Pemendapan asid dipengaruhi oleh tiupan angin yang boleh membawa

mendapan ini merentasi sempadan kawasan dan kadangkala asid ini diserak melebihi jarak ratusan batu (Lane 2003).

Hujan asid merujuk kepada semua curahan hujan yang mempunyai nilai pH yang tidak lebih daripada pH 5.6. Hal ini kerana, air hujan biasa mempunyai nilai asidnya tersendiri dengan nilai pH 5.6 dan tidak berbahaya (Wondyfraw 2014). Menurut Main (2003) dalam kajiannya menyatakan bahawa hujan asid adalah hujan yang mempunyai nilai pH kurang daripada pH 5.6. Hujan yang tidak tercemar mempunyai nilai pH 5.6 disebabkan oleh karbon dioksida (Liang 2013). Hal ini demikian kerana, sebahagian besar hujan yang turun ke bumi mengandungi unsur-unsur hujan asid secara semula jadi seperti  $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HNO}_3$  dan  $\text{NH}_3$  yang akan terlarut di atmosfera kerana asid karbonik yang terbentuk menerusi tindak balas antara air hujan dengan gas karbon dioksida yang terdapat dalam atmosfera (Liang 2013; Zaini 1997).

## PENGUKURAN KEASIDAN AIR HUJAN DAN METODOLOGI KAJIAN

Pengukuran asid dalam air hujan adalah tidak konsisten kerana sesetengah pengkaji menyatakan nilai pH hujan asid bergantung kepada kawasan (Liang 2013). Keasidan cecair ialah ukuran kepada kepekatan ion hidrogen yang terdapat dalam cecair. Biasanya, keasidan ini dinyatakan dalam sebutan pH yang mempunyai ukuran skala 0 hingga 14. Nilai pH 0 hingga pH 7 adalah berasid, nilai pH 7 adalah neutral dan nilai lebih dari pH 7 adalah beralkali (Wondyfraw 2014). Namun begitu perlu diketahui bahawa kualiti air yang berada pada nilai pH 4 adalah sepuluh kali lebih berasid daripada pH 5 dan 100 kali lebih berasid daripada pH 6. Pemendakan asid umumnya berada pada tahap pH 5.6 hingga pH 3.5 dan pada sesetengah kes boleh mencatatkan nilai yang jauh lebih rendah.



Rajah 2. Skala pH

Sumber: MET Malaysia:

<https://www.met.gov.my/pendidikan/sainsatmosfera/mendapanasid>

Pengukuran hujan berasid bermula dengan pengumpulan air hujan. Melalui kaedah ini, 15 lokasi stesen yang bersesuaian dikenal pasti. Pemilihan lokasi adalah penting di mana lokasi haruslah di kawasan terdedah. Lokasi yang dipilih perlu jauh dari bangunan dan pokok yang boleh mengganggu proses pengutipan sampel air hujan (Main 2009; Mohamed Zaini dan Main 2011). Untuk mendapatkan data yang berkualiti dalam kajian berkaitan konsentrasi hujan asid ianya perlu melibatkan kawasan pusat bandar dan pinggir bandar (Zhang et al. 2011). Di kawasan bandar, lokasi tapak pengumpulan dielakkan berdekatan dengan kawasan pelepasan tempatan seperti kenderaan dan serobong kilang.

Pencerapan yang dijalankan perlu mengikut prosedur yang telah ditetapkan bagi mengelakkan sebarang ralat keatas data air hujan. Sampel air hujan harus dipastikan tidak tercemar daripada bendasing. Sentuhan tangan perlu dielakkan kerana ianya akan mempengaruhi suhu dan bacaan nilai

pH. Bekas pengumpul harus dicuci sebersih-bersihnya dengan air tulen (air suling) sebelum digunakan. Stesen pencerapan perlu berada pada ketinggian 0.25 meter dari aras laut dan berada di kawasan lapang yang bebas daripada sebarang halangan seperti tumbuhan dan bangunan yang boleh mengganggu proses pengutipan sampel air hujan. Bekas kaca dan plastik diberikan keutamaan kerana ia tidak bertindakbalas dengan air hujan. Nilai pH air hujan boleh diukur samada dengan penunjuk pH dan dibanding dengan carta warna pH, atau meter pH (MET Malaysia 2020; Main 2009; Mohamed Zaini dan Main 2011). Hasil daripada pencerapan ini dapat menentukan sama ada wujud atau tidak fenomena hujan asid di kawasan bandar Ipoh.

## BAHAN PENCEMAR HUJAN ASID

Elemen utama pembentukan hujan asid adalah berkaitan dengan pencemaran udara yang berlaku di sesebuah kawasan (Main 2009; Wan Ruslan 1994; Galloway 1988). Selain itu, kewujudan hujan asid ini juga berpunca daripada emisi yang melepaskan gas NO<sub>x</sub> dan juga SO<sub>2</sub> (Laporan MMS 1988). Semakin tinggi kepekatan pencemaran udara maka tahap keasidan hujan juga turut meningkat. Hal ini berlaku disebabkan kepesatan aktiviti pembangunan dan perindustrian di kawasan bandar. Aktiviti ini telah menyebabkan pelepasan bahan pencemar ke udara yang menyebabkan masalah hujan asid semakin membimbangkan. Pelepasan asap kilang dan kenderaan bermotor turut menyumbang kepada punca berlakunya hujan asid. Antara bahan-bahan yang terkandung dalam hujan asid adalah campuran pelbagai gas seperti berikut:

Jadual 1. Bahan Pencemar Hujan Asid

| Bahan pencemar                         | Penjelasan                                                                                                                                   | Rujukan                                                                                                                                                                                  |
|----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Volatile Organic Compound</i> (VOC) | Merupakan sejenis organik yang wujud dalam bentuk gas, pepejal atau cecair berpunca daripada pelepasan asap kenderaan dan aktiviti industri. | Kulp 1990<br>Zheng et al. 2018<br>Rutter et al. 2015                                                                                                                                     |
| Karbon Monoksida (CO)                  | Merupakan sejenis gas yang tidak berwarna dan tidak berbau kepada manusia dan bersifat toksik                                                | Mohd Anuar Jailani et al. 1999<br><i>World Health Organization</i> 2014<br>Mehta et al. 2009                                                                                             |
| Karbon Dioksida (CO <sub>2</sub> )     | Merupakan gas yang tidak berwarna, tidak berbau dan tidak mempunyai rasa.                                                                    | Idris dan Mahmud 2017<br>Fadil 1996<br>Nurul & Mastura 2017<br>Wondyfrw M. 2014                                                                                                          |
| Gas Sulfur Dioksida (SO <sub>2</sub> ) | Merupakan sejenis gas yang tidak berwarna tetapi mempunyai bau yang kuat.                                                                    | Kulp 1990<br>Clean Air Strategic Alliance 1998<br>Azmi et al. 2002<br>Sivaramanan, 2015<br>World Health Organization 2000<br>Thomson 2011<br>John Gordon et al. 1995<br>Wondyfrw M. 2014 |
| Gas Nitrogen Oksida (NO <sub>x</sub> ) | Merupakan campuran dua gas iaitu gas nitrogen dan gas oksigen                                                                                | Wening et al. 2012<br>Mohd Anuar Jailani et al. 1999<br>Kulp 1990<br>Sivaramanan 2015<br>USEPA 1999                                                                                      |
| Nitrogen Dioksida (NO <sub>2</sub> )   | Merupakan gas yang bertoksid di atmosfera dan sangat berbahaya kepada alam sekitar fizikal dan manusia                                       | Riviwanto & Rani 2017<br>Masoudi & Asadifard 2010<br>Wondyfrw M. 2014                                                                                                                    |

## **FAKTOR PEMBANDARAN YANG MEMPENGARUHI KEJADIAN HUJAN ASID**

Hujan asid merupakan satu fenomena alam sekitar yang berlaku secara semula jadi dan buatan manusia (Maznorizan et al. 2010). Antara faktor penyumbang utama adalah perindustrian. Menurut Balasubramaniam et al. (2007), hujan asid pada masa kini dianggap sebagai salah satu akibat pencemaran atmosfera yang disebabkan perkembangan perindustrian yang semakin pesat, proses urbanisasi dan pembangunan. Hal ini kerana, kualiti udara dan atmosfera di kebanyakan tempat di dunia khususnya kawasan bandar raya dan kawasan perindustrian telah merosot dengan teruk hingga banyak kawasan mengalami masalah pencemaran yang serius (Fazrul 2015; Fadil 1996). Menurutnya lagi, bahan pencemaran yang dilepaskan terus daripada punca ke ruang udara dikenali sebagai pencemaran primer. Pelepasan asap hitam, debu dan pelbagai gas pencemar yang terhasil daripada proses dalam industri menjadi agen utama penyumbang kepada berlakunya hujan asid.

Seterusnya, penyumbang kepada fenomena ini adalah aktiviti pengangkutan. Perkembangan aktiviti kenderaan telah menyumbang kepada kejadian hujan asid. Hal ini disebabkan oleh penggunaan bahan api fosil sebagai bahan bakar untuk mengerakkan enjin kenderaan (Fazrul 2015). Tidak dapat dinafikan bahawa sumber pencemaran udara yang berlaku di kawasan bandar sering dikaitkan dengan aktiviti pengangkutan darat. Menurut Radin (2016), gas-gas yang terhasil daripada aktiviti pengangkutan darat ialah CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> dan bahan terampai. Di kawasan bandar kadar bilangan kenderaan bermotor menjadi punca utama peningkatan bahan pencemar di atmosfera peringkat rendah (Shaharuddin & Noorazuan 2016). Kewujudan bahan pencemar ini menjejaskan udara di kawasan bandar dan menyebabkan berlakunya hujan asid.

Selain itu, aktiviti pertanian yang merujuk kepada aktiviti yang melibatkan penanaman tumbuhan bagi mendapatkan hasil bagi tujuan sara-diri mahupun tujuan ekonomi turut menjadi penyumbang kepada kejadian hujan asid. Antara aktiviti pertanian yang menghasilkan bahan pencemar ialah penerokaan dan pembakaran hutan untuk tujuan pertanian, penggunaan bahan kimia sebagai baja dan racun serangga serta pelupusan sisa pertanian yang melibatkan aktiviti pembakaran sisa (Mohd Rafi & Mohd Fadil 2013). Pelepasan sisa pembakaran yang tinggi ke udara boleh menyebabkan proses sebaran atau serakan udara yang tidak berupaya mencampur dan mengangkut bahan pencemar secara efektif (Shaharuddin & Noorazuan 2006). Kajian yang telah dijalankan oleh Mastura & Salina (2012), membuktikan wujud bahan pencemar yang tinggi di kawasan pertanian padi di Alor Setar, Kedah

## **POTENSI BERLAKU KEJADIAN HUJAN ASID DI IPOH**

Bandar Ipoh merupakan kawasan yang paling berisiko berlakunya hujan asid disebabkan oleh kawasan tepu bina dengan pembangunan serta kawasan yang padat dengan perindustrian (Mohd Hairy 2014). Kajian hujan asid ini perlu dijalankan di bandar Ipoh kerana bandar ini merupakan sebuah pusat pentadbiran negeri Perak dan juga merupakan bandar ketiga terbesar di Semenanjung Malaysia (Mohd Hairy 2014; Mohd Hairy et al. 2011). Selain itu, hasil kajian ini penting sebagai sumber informasi dan rujukan kerana kajian berkaitan hujan asid di Malaysia yang semakin berkurangan berbanding kajian diluar negara masih lagi giat dijalankan. Keadaan ini menyebabkan pengetahuan masyarakat berkaitan hujan asid turut merosot dan yang paling membimbangkan apabila tahap keprihatinan dan kesedaran masyarakat untuk mengatasi isu ini turut berkurang.

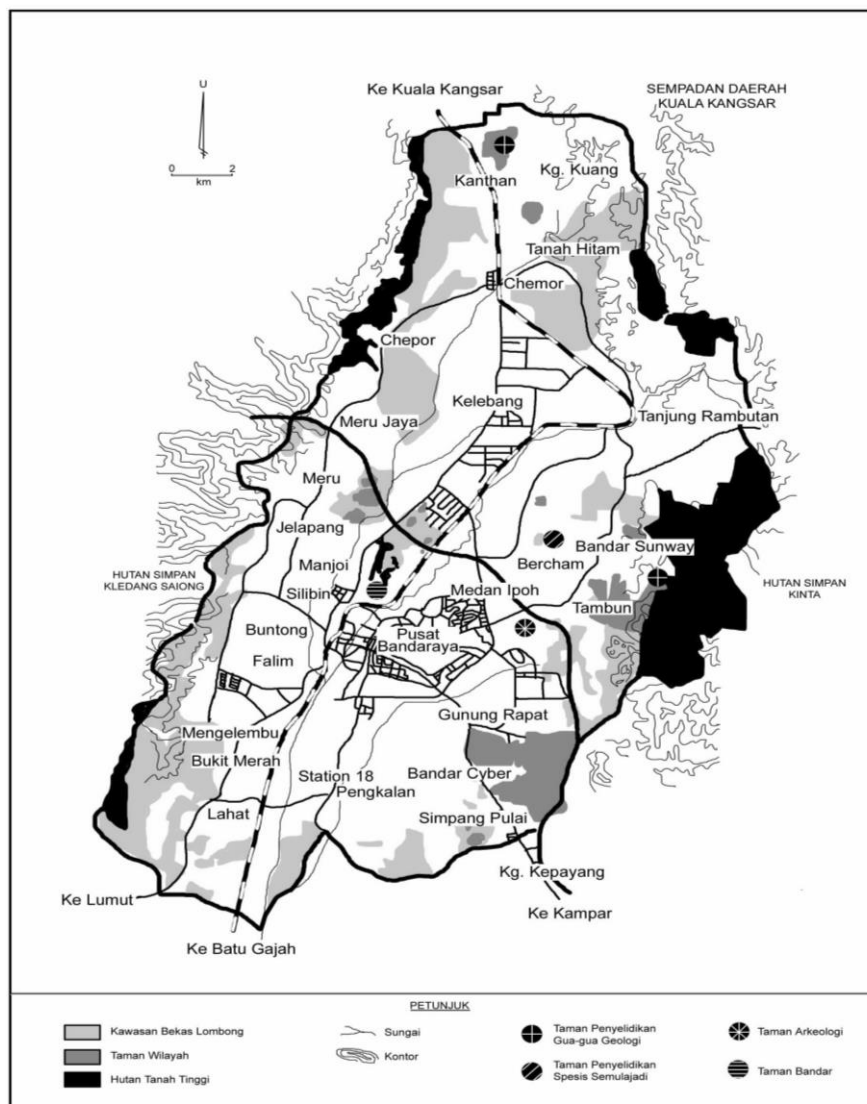
Bandar Ipoh juga merupakan kawasan pusat bandar yang semakin pesat membangun yang merangkumi aspek pentadbiran, sosial, perniagaan, perdagangan dan perindustrian (Rancangan Tempatan Ipoh 2020). Kawasan bandar Ipoh yang juga berada di kawasan Lembah Kinta dan terletak di tebing kiri dan kanan Sungai Kinta dengan kawasan ini berada pada ketinggian 75 meter dari aras laut. Segala aspek ini menjadi nadi kepada kemajuan negeri Perak dalam aspek peningkatan ekonomi negeri dan Malaysia. Bandar Ipoh juga merupakan bandar yang terletak dalam daerah Kinta. Daerah Kinta terdiri daripada tiga buah mukim iaitu sebahagian Mukim Ulu Kinta, sebahagian Mukim Sungai Raia dan sebahagian Mukim Sungai Terap.

Jadual 2. Kawasan Bandaraya Ipoh Mengikut Pembahagian Mukim

| Mukim                      | Keluasan (hektar) | Peratus (%) |
|----------------------------|-------------------|-------------|
| Sebahagian Mukim Ulu Kinta | 62,812.37         | 97.75       |
| Sebahagian Mukim Sg. Raia  | 1,363.00          | 2.12        |
| Sebahagian Mukim Sg. Terap | 81,63             | 0.13        |
| <b>Jumlah keluasan</b>     | <b>64 257</b>     |             |

*Sumber:* Rancangan Tempatan Ipoh 2020

Antara aspek yang boleh mempengaruhi kejadian hujan asid di bandar Ipoh adalah keadaan bentuk muka bumi. Keadaan kawasan bandar Ipoh yang terletak di Lembah Kinta dan dikelilingi oleh banjaran-banjaran utama disekitarnya seperti Banjaran Titiwangsa di bahagian timur menganjur ke utara, Banjaran Kledang di bahagian barat daya dan kawasan bukit batu kapur di sebelah selatannya. Keadaan bentuk muka bumi yang unik ini telah menyebabkan kawasan bandar Ipoh berada seperti dalam keluk yang menyebabkan udara dan aliran angin hanya berlegar disekitar kawasan ini sahaja (Mohd Hairy 2014). Keadaan ini menyebabkan bahan pencemar yang terhasil oleh kawasan tepu bina bandar di Ipoh serta aktiviti pengangkutan dan perindustrian dimendapkan semula di kawasan ini.



Rajah 3. Kawasan bandar Ipoh, Perak

*Sumber:* Mohd Hairy (2014)

Kewujudan bentuk muka bumi kawasan batu kapur di bandar Ipoh yang terdiri daripada bukit, gunung dan gua yang menjadi tarikan di kawasan bandar Ipoh turut menyumbang kepada pencemaran. Antara pandang darat kawasan batu kapur yang menarik ialah kawasan rekreasi Gunung Lang dan Lost World of Tambun serta pusat aktiviti keagamaan seperti Sam Poh Tong, Kek Lok Tong, Nan Tian Tong dan San Bao Tong. Batu kapur juga menjadi sumber utama aktiviti industri yang menjana ekonomi di kawasan Ipoh seperti industri marmar, simen dan produk berasaskan batu kapur yang lain. Selain daripada penyumbang utama aktiviti ekonomi, operasi industri ini merupakan penyumbang utama masalah pencemaran udara (debu) dan jerebu yang menjurus kepada kejadian mendapan dan hujan asid di sekitar kawasan Ipoh.

Jadual 3. Ciri fizikal (hutan dan Gunung) yang terdapat di kawasan Ipoh

| Ciri fizikal | Perkara                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Hutan        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hutan Simpan Kekal Bukit Kinta</li> <li>• Hutan Simpan Kekal Keledang-Saiong</li> </ul>                                                                                                                                            |
| Gunung       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gunung Keroh</li> <li>• Gunung Terundum</li> <li>• Gunung Rapat</li> <li>• Gunung Panjang</li> <li>• Gunung Ginting</li> <li>• Gunung Tambun</li> <li>• Gunung Bercham</li> <li>• Gunung Tasek</li> <li>• Gunung Layang</li> </ul> |

*Sumber:* Mohd Hairry (2014)

Selain itu, perkembangan pembandaran sesuatu turut mengambil kira elemen pertumbuhan jumlah penduduk. Hal ini semestinya turut memberi kesan terhadap perkembangan elemen persekitaran yang menyebabkan berlakunya masalah pencemaran udara dan hujan asid. Penduduk Ipoh telah mengalami peningkatan sejak dahulu. Pada tahun 1991 sahaja penduduk Ipoh dianggarkan seramai 470,121 orang dan jumlah ini dianggarkan terus meningkat sehingga 800,300 orang pada tahun 2020. Kepesatan awal aktiviti pembandaran bandar Ipoh disokong oleh perubahan secara mendadak aktiviti perlombongan dengan berlakunya kemasukan pelombong Cina yang mengambil alih aktiviti perlombongan dalam tahun 1884 (Mohd Hairry et al. 2011). Asas utama ini telah menjadikan Ipoh sebagai pusat pembandaran utama di negeri Perak dan pertumbuhan bandar Ipoh terus maju sejak daripada itu (Winstedt & Wilkinson 1974).

Jadual 4. Unjuran Penduduk mengikut Blok Perancangan (BP) 2007 hingga 2020

| Blok Perancangan (BP)        | Tahun (orang) |           |           |           |
|------------------------------|---------------|-----------|-----------|-----------|
|                              | 2007          | 2010      | 2015      | 2020      |
| BP 1                         | 28,571        | 28,700    | 29,850    | 32,500    |
| BP 2                         | 150,306       | 157,170   | 170,150   | 185,620   |
| BP 3                         | 47,203        | 49,700    | 54,600    | 60,490    |
| BP 4                         | 154,033       | 162,200   | 183,510   | 213,230   |
| BP 5                         | 72,048        | 78,720    | 91,260    | 111,690   |
| BP 6                         | 168,939       | 177,410   | 181,030   | 196,770   |
| BP 7                         | 0             | 0         | 0         | 0         |
| BP 8                         | 0             | 0         | 0         | 0         |
| Jumlah                       | 621,100       | 653,900   | 710,400   | 800,300   |
| Jumlah penduduk negeri Perak | 2,130,397*    | 2,249,029 | 2,429,554 | 2,676,321 |

Nota \*: Penduduk tahun 2005

*Sumber:* Rancangan Tempatan Ipoh 2020

Tidak dinafikan bahawa kepesatan pembangunan ekonomi ini telah mengubah kualiti udara sekeliling yang menyebabkan kejadian hujan asid. Hal ini kerana, kejadian hujan asid sering kali dikaitkan dengan isu pencemaran udara yang disebabkan oleh aktiviti pembuatan, pembangunan dan perindustrian di sesebuah kawasan bandar (Main Rindam 2009; Wan Ruslan Ismail 1994). Menurut Anand et al. (2019) pembandaran dan perindustrian yang pesat telah membawa kepada masalah pencemaran udara. Kandungan bahan pencemar udara yang tinggi akan mempengaruhi nilai pH dalam titisan air hujan di sesebuah kawasan (Anita Singh et al. 2008; Anon 1984; Semonin 1084). Guna tanah Ipoh yang semakin padat dengan pembangunan infrastruktur telah menyumbang kepada pembebasan bahan pencemar udara yang akan memberi kesan kepada alam sekitar dan manusia.

Jadual 5. Guna Tanah Keseluruhan Kawasan Rancangan Tempatan Ipoh 2007 – 2020

| Aktiviti                    | Tahun 2007        |               | Tahun 2020        |               |
|-----------------------------|-------------------|---------------|-------------------|---------------|
|                             | Keluasan (hektar) | Peratus (%)   | Keluasan (hektar) | Peratus (%)   |
| Kediaman                    | 4,426.99          | 8.95          | 10,304.61         | 16.04         |
| Industri                    | 1,341.46          | 2.71          | 3,223.09          | 5.02          |
| Perniagaan dan Perkhidmatan | 482.21            | 0.97          | 1,154.91          | 1.80          |
| Institusi dan Kemudahan     | 2,281.13          | 4.61          | 2,942.07          | 4.58          |
| Tanah Lapang dan Rekreasi   | 975.32            | 1.97          | 2,173.99          | 3.38          |
| Pengangkutan                | 3,989.54          | 8.06          | 6,189.92          | 9.63          |
| Infrastruktur dan Utiliti   | 668.49            | 1.35          | 936.56            | 1.46          |
| Pertanian                   | 3,707.54          | 7.49          | 5,720.05          | 8.90          |
| Hutan                       | 30,475.00         | 61.59         | 30,475.00         | 47.83         |
| Badan Air                   | 1,136.80          | 2.30          | 1,136.80          | 1.77          |
| <b>Jumlah keseluruhan</b>   | <b>49,484.30</b>  | <b>100.00</b> | <b>64,257.00</b>  | <b>100.00</b> |

*Sumber:* Rancangan Tempatan Ipoh 2020

Kewujudan industri dan keadaan tepu bina pembangunan di sesebuah kawasan bandar merupakan antara elemen yang paling utama dalam proses pembentukan hujan asid (Main 2009). Kawasan bandar Ipoh misalnya, merupakan kawasan yang dikelilingi oleh kawasan perindustrian di sekitarnya. Pertambahan kawasan perindustrian yang merupakan penyumbang kedua terbesar gas sulfur dioksida serta nitrogen di atmosfera menyebabkan berlakunya peningkatan kepekatan bahan pencemar apabila berlakunya pola aliran angin di sekitar kawasan (Mohd Hairry 2014; Azmi et al. 2002; Sivaraman 2015). Keadaan ini menyebabkan kawasan sekitar bandar Ipoh mengalami curahan hujan asid dengan kepekatan yang tinggi. Akibat kepesatan pembandaran di kawasan Ipoh, pada masa kini kawasan-kawasan industri ini telah berada dalam kawasan bandar dan petempatan penduduk menghampiri zon industri yang dahulunya merupakan kawasan zon penampakan (Mohd Hairry Ibrahim et al. 2011).

Jadual 6. Komponen Pembangunan Utama Bandar Ipoh Yang Menyumbang Kepada Kejadian Hujan Asid Mengikut Blok Pembangunan

| Blok perancangan dan Komponen Pembangunan                                                                                                                   | pH Air Hujan |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| <b>BP 1</b> -Pusat bandar                                                                                                                                   | pH 4.7       |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Pusat perdagangan dan perkhidmatan Kawasan Perancangan Pusat (KPP)</li> <li>Koridor Chemor-Ipoh-Menglembu</li> </ul> | Berasid      |
| <b>BP 2</b> -Station 18- Pengkalan - Bandar Botani - Lapangan Terbang Sultan Azlan Shah                                                                     | pH 4.7       |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Pusat industri dan Penerbangan</li> <li>Koridor Chemor-Ipoh-Menglembu</li> </ul>                                     | Berasid      |
| <b>BP 3</b> -Simpang Pulai - Gunung rapat - Tambun - Bandar Sunway                                                                                          | pH 5.1       |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Pusat pelancongan bertema</li> <li>Koridor Meru Raya – Simpang Pulai</li> </ul>                                      | Kurang Asid  |

|                                                                                                                                                            |                     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| <b>BP 4</b> - Gunung Lang - Medan Ipoh - Tanjung Rambutan –Bercham – Tasek - Klebang                                                                       | pH 5.6<br>Bersih    |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pusat industri utara</li> <li>• Koridor Chemor - Ipoh – Menglembu</li> </ul>                                      |                     |
| <b>BP 5</b> - Kinding - Tanah Hitam –Chemor – Chepor - Meru Raya                                                                                           | pH 5.6<br>Bersih    |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pusat industri Hi-Tech</li> <li>• Koridor Chemor - Ipoh – Menglembu</li> </ul>                                    |                     |
| <b>BP 6</b> -Jelapang – Silibin –Menglembu - Lahat                                                                                                         | pH 4.8<br>Sederhana |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pusat Industri Barat</li> <li>• Koridor Meru Raya – Lahat</li> <li>• Koridor Chemor – Ipoh – Menglembu</li> </ul> |                     |
| <b>BP 7</b> -Hutan simpan kekal Keledang-Saiong                                                                                                            | pH 6.4<br>Bersih    |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kawasan pemeliharaan Hutan Simpan Kekal Keledang Saiong</li> </ul>                                                |                     |
| <b>BP 8</b> -Hutan simpan kekal Bukit Kinta                                                                                                                | pH 6.2<br>Bersih    |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kawasan pemeliharaan Hutan Simpan Kekal Bukit Kinta</li> </ul>                                                    |                     |

*Sumber:* Ubahsuai Rancangan Tempatan Ipoh 2020 dan Kajian lapangan, 2020

Kawasan perindustrian yang terdapat di kawasan bandar Ipoh adalah seluas 3,223.09 hektar dan kawasan perindustrian ini tertumpu dalam empat Blok Perancangan (BP) iaitu BP2, BP4, BP5 dan BP6 (Rancangan Tempatan Ipoh 2020). Kawasan BP ini juga didapati mencatatkan nilai pH air hujan yang mempunyai kadar asid yang tinggi antara pH 4.7 hingga pH 5.6. Aktiviti industri ini juga telah menimbulkan isu dalam proses perancangan pembangunan. Antara isu yang berkaitan dengan industri adalah letakan kawasan industri dalam kawasan pusat bandar yang telah mencatatkan kadar pH 4.7 serta kawasan berhampiran dengan petempatan penduduk yang mencatatkan pH 5.1 hingga pH 5.6. Selain itu, masalah dari aspek zon penampungan yang tidak disediakan menyebabkan secara tidak langsung menimbulkan kesusakan kepada penduduk sekitar. Tidak dinafikan juga, perkembangan kawasan perindustrian di kawasan ini tentunya turut menyumbang kepada masalah alam sekitar dan pembentukan hujan asid.

## KESIMPULAN

Secara kesimpulannya, artikel ini membincangkan tentang fenomena hujan asid yang berlaku di Malaysia dan potensi kejadian hujan asid di bandar Ipoh khususnya. Hujan asid pada masa kini masih menjadi salah satu fenomena alam sekitar yang berlaku akibat kealpaan manusia dalam mengejar pembangunan. Hasil daripada pembacaan dan kajian yang dijalankan dapat dirumuskan bahawa kajian terhadap fenomena hujan asid pada masa kini masih relevan untuk dikaji. Hal ini kerana, masih banyak faktor-faktor penyumbang kepada kejadian hujan asid di Malaysia terutama di kawasan pantai barat Semenanjung Malaysia. Perkembangan industri dan rebakan pembangunan dengan peningkatan jumlah kenderaan di jalan raya menjurus kepada penyumbang bahan pencemar yang terampai di udara dan hujan menjadi agen semulajadi sebagai pencuci. Keadaan ini meningkatkan kadar asid dalam air hujan yang memberi kesan kepada material, alam sekitar dan kesihatan manusia.

## RUJUKAN

- Anand, V., Korhale, N., Rathod, A., & Beig, G. 2019. On processes controlling fine particulate matters in four Indian megacities. *Environmental Pollution* 254: 1-5.
- Anita Singh, Madhoolika Agrawal. 2008. Acid Rain and Ecological Consequences. *Journal of Environmental Biology* 29(1):15-24.
- Anon. 1984. Surviving Acid Rain. *The Economist*, April 14: 92.
- Ayers, G.P., Leong Chow Peng, Lim Sze Fook, Cheah Wai Kong, Gillett, R.W. & Manins, P.C. 1999. Atmospheric Concentrations and Deposition of Oxidized Sulfur and Nitrogen Species at Petaling Jaya, Malaysia 1993-1998. *Tellus B: Chemical and Physical Meteorology* 52:1: 60-73.
- Azmi H., Mohd Kamil H., & Balkis, A. 2002. Keracunan Sulfur Dioksida di Kalangan Orang Awam di Kawasan Perindustrian, Kemaman, Terengganu. *Malaysian Journal of Public Health Medicine* 2(1): 31-35.

- Balasubramanian, G., Udayasoorian, C. & Prabu, P.C. 2007. Effects of Short-Term Exposure of Simulated Acid Rain on the Growth of *Acacia Nilotica*. *Journal of Tropical Forest Science* 19(4): 198–206.
- Blaikie, P., Cannon, T., Davis I., Wisner, B. 1994. *At Risk: Natural Hazards, People Vulnerability and Disasters*. London: Routledge.
- Bouwman, A.F., D.P. Van Vuuren, R.G. Derwent & M. Posch. 2002. A Global Analysis of Acidification and Eutrophication of Terrestrial Ecosystem. *Water, Air and Soil Pollution* 141: 349-382.
- Clean Air Strategic Alliance. 1998. Sulfur Oxides (SO<sub>x</sub>), (July), 231–234.
- Cvetkovich, G., Earle, T.C. 1992. Environmental hazards and the public. *Journal of Social Issues* 48(4): 1-20.
- Daniel, L.C., Joseph, N.B., Stephen, E.D., Christopher, J.M., David, T.R., Fred, H.S. 2006. Relating precipitation and water management to nutrient concentration in the Oligotrophic “upside-down” estuaries of the Florida Everglades. *Limnology Oceanography* 51: 602-616.
- Fadil Othman. 1996. *Permasalahan Alam Sekitar*. Johor Darul Takzim: Universiti Teknologi Malaysia. Skudai.
- Fazrul Razman, S. 2015. Atmosfera Bumi dan Tindakbalas Kimia terhadap Pencemaran Udara, Dlm. Sharifah Norkhadiah, Syed Ismail & Mohd Armi Abu Samah (pnyt). *Meneroka Interaksi Dinamik dalam Kesihatan Persekitaran: Himpunan Siri Kajian di Malaysia* (November), hlm. 32–40. Serdang: Fakulti Perubatan dan Sains Kesihatan, Universiti Putra Malaysia.
- Galloway, J.N. 1988. Effects of Acid Rain Deposition on Tropical Aquatic. In *Acidification in Tropical Countries. SCIP Report* 36, hlm. 141-166. England: Wiley, Chichester.
- Gorham, E. 1998. Acid Deposition and its Ecological Effects: A Brief History of Research. *Environmental Science & Policy* 1(3): 153-166.
- Han, G.L., Liu, C.Q. 2006. Strontium Isotope and Major Ion Chemistry of the Rain Water from Guiyan, Guizhou province, China. *Science of The Total Environment* 364(1-3):165-74
- Ibrahim Wahab. 1991. *Pembangunan Bandar di Malaysia*. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka.
- Idris, N. A., & Mahmud, M. 2017. Kajian jejak karbon di Kuala Lumpur. *E-Bangi* 12(2): 165–182.
- Jabatan Alam Sekitar. 2009. *Laporan Kualiti Alam Sekeliling Malaysia*. Kuala Lumpur: Jabatan Alam Sekitar.
- Jabatan Meteorologi Malaysia. *Laporan Taburan 2019*. Putrajaya: Kementerian Tenaga, Sains, Teknologi, Alam Sekitar dan Perubahan Iklim.
- Jabatan Perancang Bandar dan Desa. 2010. Rancangan Tempatan Ipoh 2020. Ipoh, Perak.
- John Gordon, Mark Nilles & LeRoy Schroder. 1995. *USGS Tracks Acid Rain*. U.S.: Department of the Interior-U.S. Geological Survey.
- Kulp, J.L. 1990. *Acid Rain: Cause, Effects and Control*. Washington D.C: Cato Review of Business & Government.
- Lane, C.N. 2003. *Acid Rain: Overview and Abstract*. New York: Nova Sciences Publisher, Inc.
- Liang, J. 2013. *Chemical Modeling for Air Resources: Fundamentals, Applications, And Corroborative Analysis*. Zhejiang: Zhejiang University Press Co, Elsevier Inc.
- Main Rindam. 2009. *Kesan Hujan Asid ke atas Material Bangunan di Kuala Lumpur*. Pulau Pinang: PPPJJ USM.
- Main Rindam. 2003. The increase of the total number for transport on the road and its relationship with acid rain. *Proceeding in a national conference on Geography education*. Universiti Sains Malaysia.
- Masoudi, M., & Asadifard, E. 2010. *Status and prediction of Nitrogen Dioxide as an air pollutant in Ahvaz City*, Iran Le dioxyde d’ azote dans la ville d’ Ahvaz en Iran (1): 1–10.
- Mastura, M., & Siti Haslina, S. M. 2012. Comparison of air quality between 2002 and 2003 in the area during the burning of rice straws in Mergong, Kedah. *Malaysia Journal of Society and Space* 3(3): 33–42.
- Maznorizan Mohamad, Siniarovina Urban’ Siva Shangarai & Toh Ying Ying. 2010. The status of Acid deposition in Malaysia Based on Malaysia Meteorological Department (MMD) Data Analysis from 1994-2008. Jabatan Meteorologi Malaysia, Kementerian Sains, Teknologi dan Inovasi (MOSTI), Research Publication No.2/2010.
- Mehta, M. G. S., Das, L. C. S., & Singh, L. C. S. .2009. Carbon Monoxide Poisoning. *The New England Journal of Medicine* 360: 1217–1225.

- Jabatan Meteorologi Malaysia. 2020. Mendapan asid. <https://www.met.gov.my/pencerapan/sainsatmosfera/mendapanasid> [ 3 Jun 2021].
- Miller, G.T. 1992. *Living in the Environment*. California: Wadsworth Inc.
- MMS. 1988. On Rain Acidity Analysis Based on Data from the National Rain Monitoring Network, Malaysia Meteorological Service Report, Kuala Lumpur.
- Mohamad Suhaily Yusri Che Ngah et al. 2013. *Tindakan Hujan Terhadap Hakisan Permukaan di Tapak Kampus Sultan Azlan Shah, Universiti Pendidikan Sultan Idris, Tanjung Malim: Hidrologi & Pengurusan Sumber Air di Malaysia*. Tanjung Malim: Jabatan Geografi dan Alam sekitar Universiti Pendidikan Sultan Idris.
- Mohamed Zaini dan Main Rindam. 2011. The Impact of Acid Rain on Hitorical Buildings in Kuala Lumpur, Malaysia. *Design Principles and Practices: An International Journal* 5(6):175-191.
- Mohd Anuar Jailani & Mohammad Nazri Mohd Jaafar. 1999. Emisi ekzos dari kenderaan bermotor, kesannya ke atas atmosfera dan kaedah pengurangannya: Satu kajian. *Jurnal Mekanikal* II: 12-37.
- Mohd Hairry Ibrahim, Jamaluddin Md. Jahi, Abdul Samad Hadi, Khairi Ariffin, 2011. Menyingkap Perkembangan Perbandaran Ipoh Menjadi Sesebuah Bandaraya. *Sari-International Journal of the Malay and Civilisation* 29(2): 149-166.
- Mohd Hairry. 2014. Pembandaran, Perubahan Atmosfera Bandar dan Persepsi Manusia di Bandar Ipoh, Perak. Thesis PhD, Universiti Kebangsaan Malaysia.
- Mohd Hashiq Hashim, Mohd Hairry Ibrahim, Mohamad Ihsan Muhamad Ismail, Nor Kalsum Mohd Isa, Sharif Shofiru Sharif Ali, & Mohd Hishamudin Che Omar. 2020. Menyingkap pencemaran partikel terampai (PM10) di Malaysia. *Asian Journal of Environment, History and Heritage* 4(2): 13-21.
- Mohd Rafi, Y. & Mohd Fadil, M. Y. 2013. Perindustrian dan Kelestarian Kualiti Alam Sekitar di Malaysia—Asas dan Pendekatan Teori Pemodenan Ekologikal. *Prosiding Persidangan Kebangsaan Ekonomi Malaysia Ke VIII*, 2, 991–1003.
- Nurul Akmar, I., & Mastura, M. 2017. Kajian Jejak Karbon Di Kuala Lumpur. *Journal of Social Sciences and Humanities* 12(2): 165–182.
- Park, C.C. 1987. *Acid Rain: Rhetoric and Reality*. London: British Library Cataloguing in Publication Data.
- Parker, D.J., Nabiul, I., Chan, N.W. 1997. *Reconstruction After Disasters*. London: Averbury.
- Radin, M. S. R. M., Ahmad Faizol, H. R., & Amir Hashim, M. K. 2016. A Monitoring of Air Pollutants (CO, SO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub>) in Ambient Air near an Industrial Area. *MATEC Web of Conferences* 22: 1051.
- Riviwanto, M. & Rani, F.M. 2017. Analisis Risiko Kesehatan Paparan Gas Nitrogen Dioksida (no.2) pada Petugas Parkir di Basement Plaza Andalas. *Jurnal Kesehatan* 8(3): 441–448.
- Rutter, A. P., Griffin, R. J., Cevik, B. K., Shakya, K. M., Gong, L., Kim, S., Lefer, B. L. 2015. Sources of air pollution in a region of oil and gas exploration downwind of a large city. *Atmospheric Environment* 120: 89–99.
- Semonin, R.G., Stensland, G.J. 1984. Acid Rain Trends? *Weatherwise* 37(5): 250-251.
- Shaharuddin, A. & Noorazuan, M.H. 2006. Kebakaran Hutan Dan Isu Pencemaran Udara di Malaysia: Kes Jerebu Pada Ogos 2005. *Journal E-Bangi* 1(1): 1–19.
- Siti Fadzilatulhusni & Main Rindam. 2011. Analisis Taburan Hujan dan Impaknya kepada Sumber Air di Pulau Pinang. *Geografia Online Malaysia Journal of Society and Space* 7(1): 65-75.
- Sivaramanan, S. 2015. Acid Rain, Cause, Effect and Control Strategies. *Central Environmental Authority* 1: 1.
- Sunita, B. & Sharad, B. 2013. Ecological consequences of The Acid rain. *IOSR Journal of Applied Chemistry* 5(4): 19–24.
- Thompson, S. 2011. *Sulfur Dioxide General*. Oklahoma: Department of Environmental Quality
- United States Enviroment Protection Agency, USEPA. 2001. National Air Quality and Emissions Trends Report, 1999. Research Triangle Park, North Carolina 27711.
- Valencia, V.H., Hertel, O., Ketzal, M., & Levin, G. 2019. Modeling urban background air pollution in Quito, Ecuador. *Atmospheric Pollution Research* 11(4): 646-666.
- Wan Ruslan Ismail 1994. *Pengantar Hidrologi*. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka.

- Wening, M., Spichtinger, N., Stohl, A., Held, G., Beirle, S., Wagner, T., Platt, U. 2003. Intercontinental transport of nitrogen oxide pollution plumes. *Atmospheric Chemistry and Physics* 3(2): 387–393.
- Winstedt, R.O., Wilkinson, R.J. & Maxwell, W.E. 1974. *A History of Perak*. Kuala Lumpur: Malaysian Branch of the Royal Asiatic Society.
- Wondyfraw M. 2014. Mechanisms and Effects of Acid Rain on Environment. *Journal of Earth Science & Climate Change* 5: 204.
- World Health Organization. 2000. *Air Quality Guidelines – Second Edition*. Sulfur Dioxide, 1.
- World Health Organization. 2014. *Environmental Health Criteria 213. Carbon Monoxide* (Second Edition), 1.
- Zailina Hashim, Shairah Zakaria, Azman Zainal Abidin, Lim Sze Fook. 1997. Hujan Asid dan Implikasinya Terhadap Kesihatan. Universiti Putra Malaysia. *Akademika* 51: 65-75.
- Zaini Ujang, 1997. *Pengenalan Pencemaran Udara*. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka.
- Zhang, M.Y., Wang, S.J., Wu, F.C., Yuan, X.H., Zhang, Y. 2007. Chemical Compositions of Wet Precipitation and Anthropogenic Influences at a Developing Urban Site in Southeastern China. *Atmospheric Research* 84: 311-322.
- Zhang, X., Jiang, H., Jin, J., Xu, X., & Zhang, Q. 2011. Analysis of acid Rain Pattern in Northeastern China using a Decision Tree Method. *Atmospheric Environment* 46: 590-596.
- Zheng, H., Kong, S., Xing, X., Mao, Y., Hu, T., Ding, Y., Qi, S. 2018. Monitoring of Volatile Organic Compounds (VOCs) From an Oil and Gas Station in Northwest China for 1 Year. *Atmospheric Chemistry and Physics* 18(7): 4567–4595.

Mohd Hishamudin Che Omar  
 Department of Geography and Environment,  
 Sultan Idris Education University  
 Tanjong Malim  
 35900, Perak  
 MALAYSIA  
 E-mel: naas\_0390@yahoo.com.my

Mohd Hairiy Ibrahim\* (Ph.D)  
 Department of Geography and Environment,  
 Sultan Idris Education University  
 Tanjong Malim  
 35900, Perak  
 MALAYSIA  
 E-mel: hairy@fsk.upsi.edu.my

Mohd Ihsan Muhamad Ismail  
 Department of Geography and Environment,  
 Sultan Idris Education University  
 Tanjong Malim  
 35900, Perak  
 MALAYSIA  
 E-mel: ihsan.intan.ihin@gmail.com

Nor Kalsum Mohd Isa, (Ph.D)  
 Department of Geography and Environment  
 Sultan Idris Education University  
 Tanjong Malim  
 35900, Perak  
 MALAYSIA  
 E-mel: norkalsum@fsk.upsi.edu.my

Mohd Hashiq Hashim  
Department of Geography and Environment  
Sultan Idris Education University  
Tanjong Malim  
35900, Perak,  
MALAYSIA  
E-mel: a shic\_rawk@hotmail.com

Kamarul Ismail, (Ph.D)  
Department of Geography and Environment  
Sultan Idris Education University  
Tanjong Malim  
35900, Perak  
MALAYSIA  
E-mel: kamarul.ismail@fsk.upsi.edu.my

Sharif Shofirun Sharif Ali, (Ph.D)  
School of Government  
College of Law, Government and International Studies  
Universiti Utara Malaysia, Sintok  
06010, Kedah  
MALAYSIA  
E-mel: sshofirun@uum.edu.my

Aditya Saputra  
Geography Faculty  
Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Kabupaten Sukoharjo  
57169, Jawa Tengah  
INDONESIA  
E-mel: aditsaputra1987@gmail.com

\*Corresponding Author: hairy@fsk.upsi.edu.my

Diserahkan: 8 Mei 2021  
Diterima: 20 Jun 2021  
Diterbitkan: 30 Jun 2021