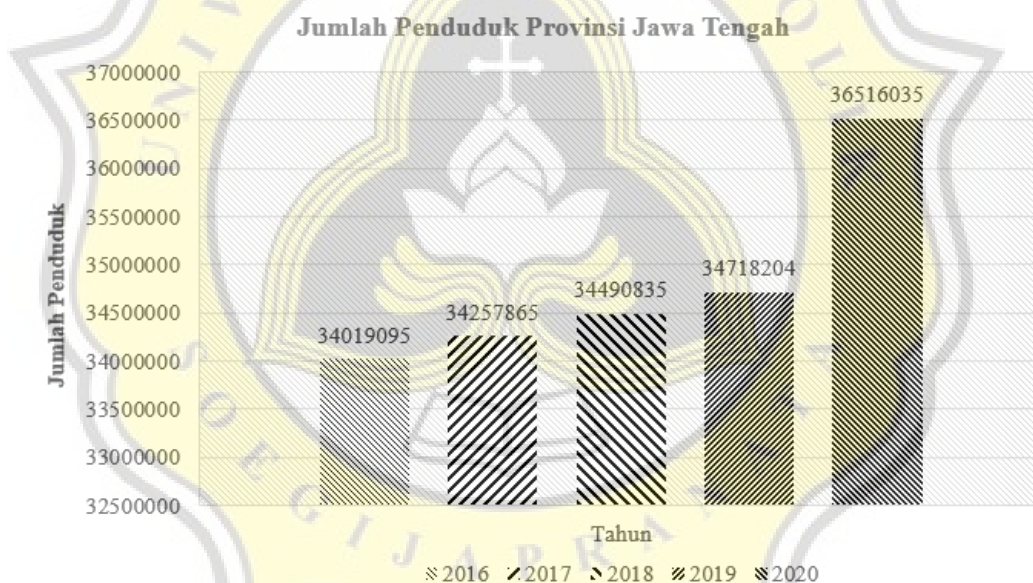




BAB 1 PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Jumlah penduduk di dunia semakin bertambah setiap tahunnya. Berdasarkan *Population Reference Bureau* (2021), jumlah penduduk di dunia meningkat sekitar $\pm 1\%$ dari tahun sebelumnya dan pada tahun 2020 mencapai 7.794.798.739 jiwa. Jumlah penduduk di Indonesia pada tahun 2020 mencapai 270.203.901 jiwa (Badan Pusat Statistik, 2021). Pada Provinsi Jawa Tengah, jumlah penduduk meningkat cukup pesat dalam kurun waktu 5 tahun, dimulai dari tahun 2016 hingga tahun 2020. Peningkatan jumlah penduduk tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Jumlah Penduduk Provinsi Jawa Tengah Tahun 2016-2020
(Sumber: Badan Pusat Statistik, 2021)

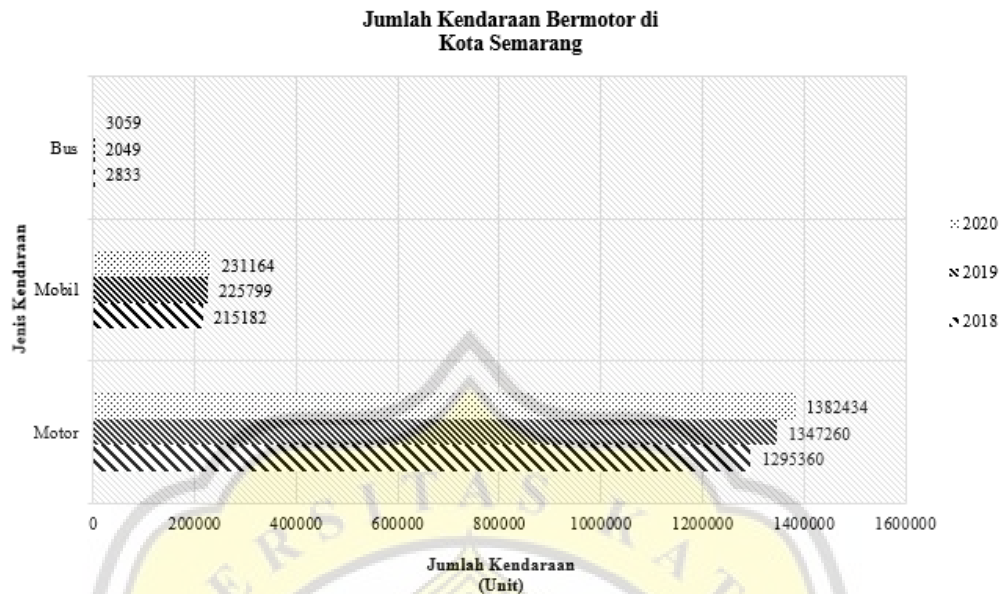
Pada tahun 2020, jumlah penduduk di Jawa Tengah mencapai 36.516.035 juta jiwa. Perkembangan jumlah penduduk tersebut menyebabkan meningkatnya kebutuhan pokok manusia yang harus terpenuhi. Menurut Nugroho (2016), kebutuhan akan infrastruktur berbanding lurus dengan peningkatan jumlah penduduk pada suatu wilayah. Perkembangan jumlah penduduk yang sangat pesat dapat diimbangi dengan dilakukannya pembangunan daerah untuk memenuhi kebutuhan penduduk.



Pembangunan fasilitas umum serta infrastruktur dilakukan dengan sebuah konstruksi. Proyek merupakan kegiatan yang dilakukan dengan sumber daya dan waktu yang terbatas untuk mencapai suatu hasil akhir yang telah ditentukan (Rani, 2016). Menurut Badan Pusat Statistik (2020), sektor konstruksi memberikan kontribusi hingga 10,56% dari total 100% pada Produk Domestik Bruto (PDB). Kontribusi sektor konstruksi yang cukup besar dalam PDB membuat sektor konstruksi perlu diperhatikan.

Kenaikan jumlah penduduk juga berbanding lurus dengan kenaikan jumlah kebutuhan yang diperlukan. Selain sandang, pangan, dan papan sebagai kebutuhan primer, manusia juga membutuhkan aspek lain untuk memenuhi kebutuhan hidupnya tersebut, salah satunya adalah keperluan akan moda transportasi. Aktivitas transportasi yang dilakukan oleh manusia dapat sangat membantu untuk proses distribusi kebutuhan primer tersebut, selain itu juga tidak jarang manusia menggunakan moda transportasi untuk kebutuhan pribadi seperti pergi bekerja, berlibur, dan lain sebagainya.

Permasalahan yang kerap terjadi di beberapa negara berkembang seperti Thailand dan Indonesia adalah masyarakat yang lebih cenderung memilih kendaraan pribadi apabila dibandingkan dengan transportasi umum. Hal tersebut dikarenakan sektor industri dan ekonomi pada negara berkembang sedang mengalami pertumbuhan yang pesat. Dengan penggunaan kendaraan pribadi yang meningkat, dapat terjadi kemacetan pada jalur-jalur utama di Kota besar. Menurut Widayanti, dkk., (2014) kondisi ini disebabkan karena beberapa kekurangan yang ada pada moda transportasi umum yaitu seperti subsidi yang kurang, kekurangan sumber daya manusia, faktor kedisiplinan operator kendaraan, penumpang, maupun pengguna jalan. Apabila ditinjau dari segi keamanan dan kenyamanan, penggunaan kendaraan pribadi memiliki keunggulan dari segi tersebut jika dibandingkan dengan transportasi umum. Indonesia menempati peringkat ke-9 dalam Negara Paling Berpolusi di Dunia pada tahun 2020 (AirVisual, 2021). Dengan demikian, semestinya penggunaan kendaraan pribadi perlahan dikurangi dan dialihkan dengan penggunaan kendaraan umum. Pada Gambar 1.2 menunjukkan jumlah kendaraan di Kota Semarang sejak tahun 2018 hingga tahun 2020.



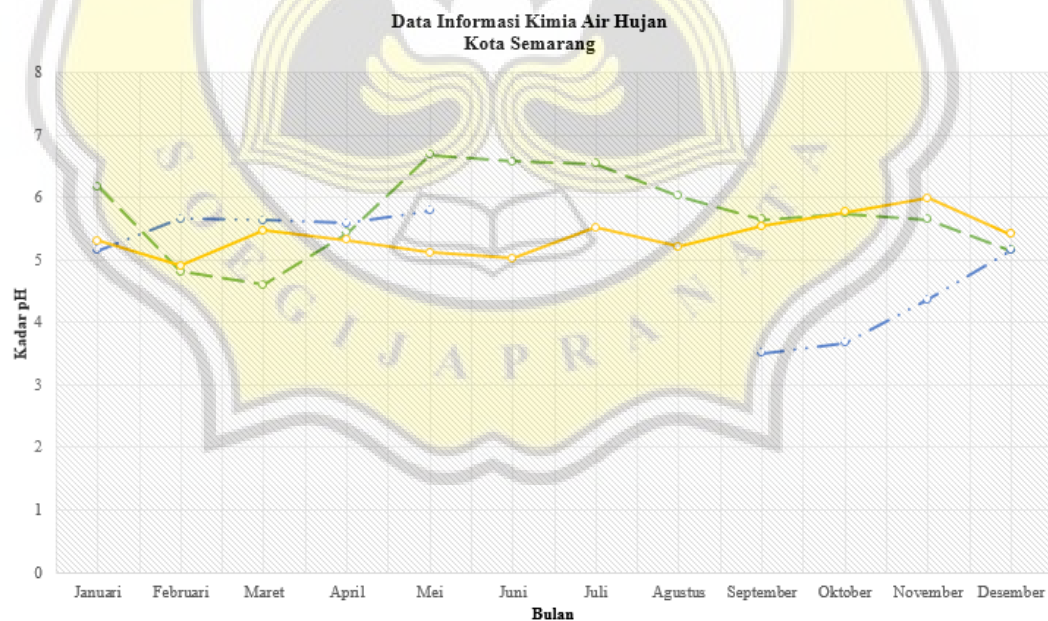
Gambar 1.2 Jumlah Kendaraan Bermotor di Kota Semarang Tahun 2018-2020 (Sumber: Badan Pusat Statistik, 2020)

Pada Gambar 1.2 dapat diketahui bahwa jumlah kendaraan pribadi (mobil dan motor) jauh lebih banyak bila dibandingkan dengan transportasi umum (bus). Hal tersebut akan mengarah ke permasalahan berikutnya yaitu semakin meningkatnya tingkat polusi yang diakibatkan oleh kendaraan bermotor. Sugiarti (2009) menyatakan bahwa salah satu faktor penyebab pencemaran udara adalah karena ulah manusia, sedangkan faktor lainnya adalah faktor secara alamiah. Menurut Abidin dan Hasibuan (2019) jumlah aktivitas manusia yang memerlukan peningkatan di bidang teknologi akan menggiring bertumbuhnya jumlah pabrik-pabrik industri, pembangkit listrik, dan kendaraan bermotor yang setiap hari emisinya dapat menghasilkan zat polutan sebagai pencemar udara.

Hujan asam dapat diartikan sebagai proses turunnya air yang bersifat asam dalam bentuk hujan. Menurut Yatim (2007) hal ini memungkinkan untuk terjadi apabila asam yang ada pada udara larut dalam butiran air hujan di awan dan apabila hujan tersebut turun barulah hujan tersebut dinamakan hujan asam. Hal tersebut juga dapat dihubungkan dengan pernyataan dari Cahyono (2010) yang menyatakan bahwa penyebab hujan asam adalah polutan yang ada di udara seperti sulfur dioksida (SO_2) dan nitrogen dioksida (NO_2). Keasaman dari air hujan berhubungan



dengan konsentrasi SO_x dan NO_x yang terlarut pada air hujan. Semakin tinggi konsentrasi SO_x dan NO_x pada air hujan maka semakin asam nilai derajat keasaman air hujan (Indrawati dan Tanti, 2017). Penyebab dari zat polutan adalah kegiatan industri, pembakaran sampah dan juga pembakaran bahan bakar kendaraan bermotor. Menurut Yong (2020), perkembangan industri modern dan penggunaan bahan bakar fosil dalam skala yang besar menyebabkan masalah polusi pada lingkungan semakin serius dan menyebabkan kerusakan pada lingkungan ekologi, terutama hujan asam yang disebabkan oleh polusi. Menurut Nasihah (2017) hujan asam merupakan hujan yang memiliki pH di bawah 5,6. Hujan pada Kota Semarang pada tahun 2018 hingga tahun 2020 diketahui memiliki pH rata-rata sebesar 5,37 yang dapat disimpulkan bahwa hujan yang terjadi di Kota Semarang pada tahun 2018 hingga tahun 2020 merupakan hujan asam. Oleh karena itu dapat juga disimpulkan bahwa hujan di Kota Semarang dapat mempengaruhi bangunan yang ada di Kota Semarang. Untuk data informasi kimia air hujan di Kota Semarang dapat dilihat pada Gambar 1.3.



Gambar 1.3 Data Informasi Kimia Air Hujan Kota Semarang Tahun 2018-2020
(Sumber: Badan Pusat Statistik, 2020)

Data mengenai nilai pH air hujan di Kota Semarang mulai dari tahun 2018 hingga tahun 2020 ditampilkan pada Tabel 1.1



Tabel 1.1 Nilai pH Air Hujan Kota Semarang Tahun 2018-2020

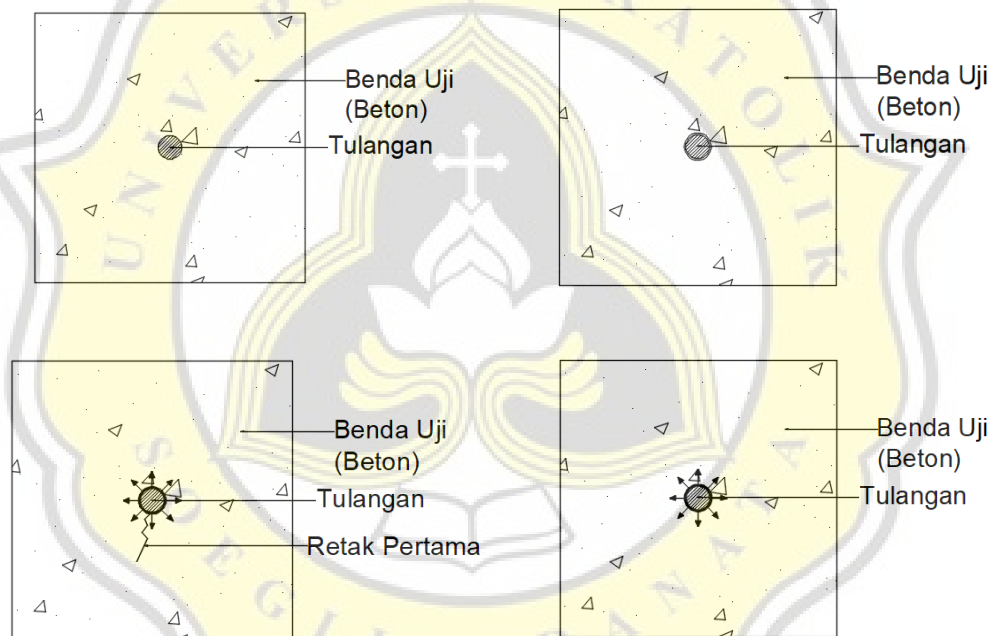
| Bulan | Nilai pH air Hujan | | |
|-----------|--------------------|------|------|
| | 2018 | 2019 | 2020 |
| Januari | 6,18 | 5,15 | 5,3 |
| Februari | 4,81 | 5,66 | 4,9 |
| Maret | 4,6 | 5,63 | 5,47 |
| April | 5,43 | 5,59 | 5,32 |
| Mei | 6,68 | 5,79 | 5,12 |
| Juni | 6,57 | | 5,02 |
| Juli | 6,54 | | 5,52 |
| Agustus | 6,02 | | 5,21 |
| September | 5,64 | 3,51 | 5,54 |
| Oktober | 5,74 | 3,67 | 5,76 |
| November | 5,65 | 4,37 | 5,99 |
| Desember | 5,15 | 5,15 | 5,41 |

Sumber: Badan Pusat Statistik, (2020)

Pada Gambar 1.3 terlihat bahwa pada bulan Juni, Juli dan Agustus di tahun 2019 tidak terdapat data mengenai pH air hujan di Kota Semarang, hal ini dikarenakan pada bulan-bulan tersebut tidak terjadi hujan di Kota Semarang. Menurut Yong (2020), struktur beton bertulang yang terkena dampak hujan asam lebih rentan dalam mengalami korosi pada tulangan yang berujung pada kerusakan beton. Rindam (2011) juga menyatakan bahwa sebagian besar bangunan selalu menjadi subjek atas penyerangan yang diakibatkan oleh cuaca, seperti angin, cahaya matahari, dan juga hujan asam. Hujan asam juga merupakan salah satu faktor yang dapat mempercepat laju kerusakan yang terjadi pada bangunan. Pernyataan tersebut di atas diperkuat dengan pendapat Gusnita (2003) yang mengatakan bahwa hujan asam ini dapat mengakibatkan kerusakan serius terhadap lingkungan perairan, ekosistem daratan, peninggalan sejarah, dan juga menyebabkan kerusakan pada struktur bangunan.

Menurut Velivasakis, dkk., (1998) dalam James, dkk., (2019), struktur beton bertulang merupakan material konstruksi yang paling sering digunakan di dunia. Beton bertulang merupakan material yang ekonomis dan serba guna karena kekuatan serta memiliki kinerja yang baik selama masa layannya. Namun dalam beberapa kasus, beton bertulang tidak dapat berkinerja baik karena design yang kurang baik, proses konstruksi yang kurang baik, pemilihan material yang tidak sesuai standar, keadaan lingkungan, atau kombinasi dari beberapa faktor tersebut (Broomfield, 2007). Salah satu penyebab utama kerusakan pada struktur beton

bertulang adalah terjadinya sebuah proses korosi pada tulangan baja. Proses korosi merupakan sebuah proses yang berjalan cukup lambat, namun mudah untuk dideteksi sebelum terjadinya kegagalan struktur yang besar. Korosi yang terjadi pada struktur beton bertulang menyebabkan timbulnya karat, sehingga daya lekat beton terhadap tulangan berkurang. Volume produk korosi yang dihasilkan menekan permukaan beton mulai dari sekitar tulangan dan menyebabkan keretakan pada selimut beton yang dapat mempengaruhi durabilitas beton. Keretakan mulai terjadi pada bagian permukaan antara baja dan beton. Proses tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.4.



Gambar 1.4 Proses Terjadinya Retak Akibat Korosi (Sumber: Zhao, dkk., 2013)

Terjadinya hujan asam merupakan salah satu penyebab utama korosi pada struktur beton bertulang yang selanjutnya dapat menyebabkan keretakan pada beton. Dengan adanya keretakan yang terjadi, kekuatan dan ketahanan suatu struktur beton dapat berkurang. Hujan asam dapat mempengaruhi sifat mekanis beton dan durabilitas beton bertulang. Sifat mekanis beton adalah sifat beton yang ditinjau dari mutu serta kualitas beton tersebut. Menurut Mujahidin, dkk., (2017), sifat mekanis beton diketahui melalui uji kuat tekan dan uji kuat tarik. Uji kuat tekan



dilakukan ketika benda uji telah berusia 28 hari dan berfungsi untuk mengetahui apakah beton mencapai standar kekuatan minimum sesuai dengan mutu beton yang telah direncanakan.

Durabilitas beton merupakan kemampuan beton untuk menahan serangan iklim, abrasi, perubahan cuaca, atau proses perusakan beton yang berasal dari lingkungan luar dan beton bisa mempertahankan kemampuan, kualitas, bentuk, dan masa layannya (Sutrisno, 2017). Durabilitas didefinisikan sebagai kemampuan struktur atau komponennya untuk menahan kerusakan yang menurunkan kinerja atau membatasi masa layan struktur (SNI 2847-2019). Durabilitas beton dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti material penyusun yang digunakan, metode pelaksanaan, serta keadaan lingkungan sekitar. Keadaan lingkungan sekitar seperti hujan asam dapat menjadi penyebab terjadinya korosi. Korosi yang terjadi pada sebuah beton bertulang dapat mempengaruhi durabilitas beton bertulang, terutama untuk faktor masa layan beton bertulang.

Dalam penelitian ini, diuji sifat mekanis beton dan durabilitas beton bertulang. Untuk pengujian sifat mekanis dilakukan dengan uji kuat tekan dan untuk pengujian durabilitas dilakukan uji laju korosi. Pada penelitian ini air perendaman beton dibentuk menggunakan konsep mol. Perbandingan antara asam nitrat dengan air adalah 1:2.000 atau hingga mencapai pH $5 \pm 0,5$. Larutan tersebut kemudian digunakan sebagai air *curing* beton yang menggambarkan kondisi lingkungan asam yang sama dengan keadaan hujan asam. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui secara lanjut dampak lingkungan asam yang dalam hal ini merupakan hujan asam terhadap nilai kuat tekan beton dan *corrosion rate* beton bertulang. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar dalam upaya untuk memperlambat laju korosi pada beton bertulang di daerah yang terpapar hujan asam dan dasar penelitian lanjutan yang berkaitan dengan beton pada lingkungan asam.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang telah dibahas sebelumnya, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Apa pengaruh hujan asam terhadap sifat mekanis beton?



2. Apa pengaruh dari hujan asam yang digunakan sebagai media *curing* dan perendaman pada durabilitas beton bertulang?

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan yang ada, berikut tujuan penelitian yang dilakukan:

1. Mengetahui nilai kuat tekan beton yang menggunakan air yang mengandung asam nitrat sebagai media *curing* dan perendaman.
2. Mengetahui nilai *corrosion rate* pada beton bertulang dengan menggunakan media *curing* dan perendaman berupa air yang mengandung asam nitrat.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Untuk bidang konstruksi, penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan untuk mengetahui sifat mekanis beton dan durabilitas beton bertulang yang berada pada lingkungan asam. Penelitian ini juga dapat dijadikan referensi dalam mencari solusi pada struktur beton bertulang yang berada dalam lingkungan asam.
2. Untuk praktisi, penelitian ini dapat digunakan sebagai pertimbangan dalam perencanaan struktur beton bertulang yang berada pada lingkungan asam.

1.5. Batasan Penelitian

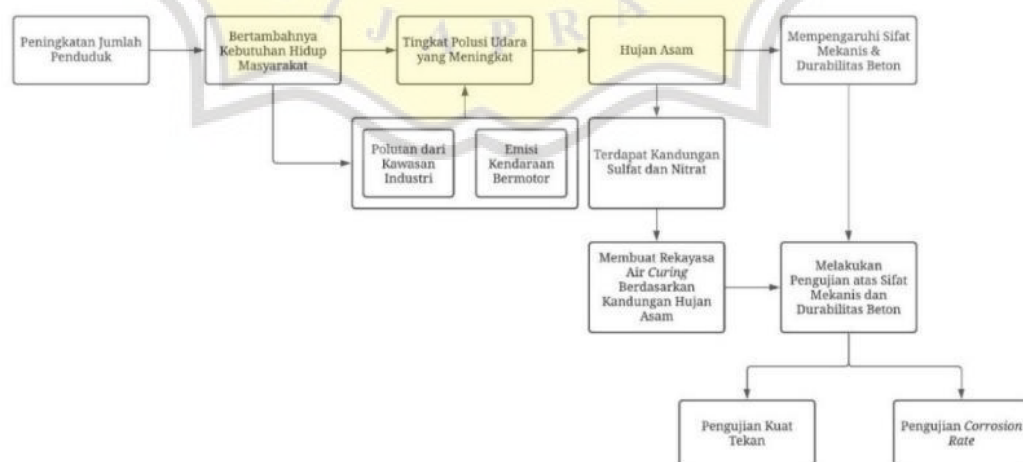
Batasan penelitian dalam tugas akhir ini adalah:

1. Benda uji yang digunakan dalam pengujian *corrosion rate* adalah beton bertulang berbentuk kubus berukuran 15 cm×15 cm×15 cm. Tulangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tulangan ulir diameter 13 mm dengan mutu tulangan BJTD 420 ($f_y = 400$ MPa) produksi CV Inti Mesh, Kota Semarang, Jawa Tengah.
 2. Benda uji yang digunakan dalam pengujian kuat tekan adalah beton silinder dengan ukuran 15 cm×30 cm.
 3. Kuat tekan rencana beton adalah 30 MPa dengan faktor air semen (fas) 0,5.
 4. Semen yang digunakan adalah *Portland Cement* (PC).
-

5. Benda uji di-*curing* menggunakan metode *wet curing*. Metode *wet curing* dilakukan dengan cara merendam beton di dalam bak selama 6 hari. Beton yang telah di-*curing* kemudian direndam dengan air yang bersumber dari PDAM serta air yang mengandung HNO_3 selama 20 hari.
6. Pada uji kuat tekan sebanyak 9 sampel beton berbentuk silinder di-*curing* dan direndam menggunakan air yang bersumber dari PDAM. Untuk 9 sampel beton lainnya di-*curing* dan direndam menggunakan air yang mengandung HNO_3 .
7. Sampel dikondisikan dalam lingkungan asam saat proses *curing* dan perendaman. Air yang digunakan untuk *curing* dan perendaman dibuat berdasarkan konsep mol dengan perbandingan volume HNO_3 dengan air sebesar 1:2.000 ml atau hingga membentuk pH $5 \pm 0,5$.
8. Pengujian kuat tekan dilakukan saat beton berumur 7, 14, dan 28 hari.
9. Pengujian *corrosion rate* dilakukan saat beton berumur 28 hari.
10. Pada uji *corrosion rate* sebanyak 6 sampel beton bertulang berbentuk kubus di-*curing* dan direndam menggunakan air yang bersumber dari PDAM dan 6 beton bertulang lainnya di-*curing* dan direndam menggunakan air yang mengandung HNO_3 .

1.6. Kerangka Pikir Penelitian

Sesuai dengan latar belakang yang telah disusun, maka dapat digambarkan kerangka pikir penelitian sebagai berikut.



Gambar 1.5 Kerangka Pikir Penelitian



Seperti pada Gambar 1.5, peningkatan jumlah penduduk akan memberikan dampak pada bertambahnya kebutuhan hidup masyarakat. Kebutuhan pokok dan primer masyarakat yang bertambah, menyebabkan polutan dari kawasan industri dan emisi kendaraan bermotor semakin besar. Hal ini menyebabkan terjadinya polusi di udara yang semakin hari semakin bertambah. Bertambahnya polutan di udara ini menyebabkan terjadinya hujan asam. Hujan asam memiliki kandungan sulfat dan nitrat yang bersifat korosif. Hujan asam yang terjadi secara terus-menerus akan memberikan dampak secara langsung terhadap sebuah bangunan dengan struktur beton bertulang. Hujan asam yang terjadi dapat mempengaruhi sifat mekanis dan durabilitas beton. Maka dari itu, dilakukan pengujian ini dengan alasan untuk mengetahui nilai laju korosi beton bertulang dan nilai kuat tekan beton yang berada pada lingkungan asam.

1.7. Sistematika Penulisan Penelitian

Laporan penelitian ini disusun menggunakan sistematika penulisan seperti di bawah ini:

Bab 1 Pendahuluan

Pada Bab 1 diuraikan secara runtut mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan penelitian, kerangka pikir penelitian, dan sistematika penulisan penelitian. Dalam Bab 1 dijelaskan secara rinci latar belakang pemilihan topik penelitian ini.

Bab 2 Tinjauan Pustaka

Pada Bab 2 diuraikan teori-teori yang digunakan selama proses penelitian berlangsung. Teori-teori yang digunakan berasal dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, standar-standar yang berlaku, serta jurnal-jurnal penelitian yang relevan. Landasan teori yang digunakan dijadikan pedoman dalam menentukan hipotesis penelitian.

Bab 3 Metode Penelitian

Pada Bab 3 dijelaskan metode yang digunakan dalam penelitian. Secara rinci, bab ini membahas tahap-tahap pengujian yang telah dilakukan. Tahapan dimulai dari pengujian material (semen, agregat halus, dan agregat kasar), pengujian kuat tekan



beton, serta pengujian laju korosi yang selanjutnya digunakan untuk mencapai tujuan penelitian.

Bab 4 Hasil dan Pembahasan

Pada Bab 4 dijelaskan hasil dan pembahasan dari penelitian yang telah dilakukan. Hasil penelitian ini meliputi hasil uji material, hasil uji kuat tekan *trial mix design*, hasil uji kuat tekan benda uji penelitian, dan hasil uji laju korosi benda uji penelitian.

Bab 5 Penutup

Pada Bab 5 berisi kesimpulan dari pembahasan hasil penelitian yang sebelumnya dilakukan. Selanjutnya, ditentukan saran-saran yang relevan dan membangun yang dapat digunakan untuk penelitian lanjutan.