

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Polusi udara kini menjadi persoalan yang kian meluas dan mengkhawatirkan karena memberikan dampak negatif terhadap kesehatan manusia serta lingkungan. Peningkatan penggunaan kendaraan pribadi, kegiatan industri, dan kebiasaan membakar sampah menjadi faktor utama yang memicu naiknya kadar polutan di udara, seperti karbon monoksida (CO), nitrogen oksida (NO_x), dan partikel halus. Udara yang tercemar ini berpotensi menimbulkan berbagai masalah kesehatan, mulai dari iritasi mata, gangguan sistem pernapasan, kanker paru-paru, hingga risiko kematian[1].

Kabupaten/Kota	Sektor							
	Industri		Pemukiman		Perkantoran		Transportasi	
	NO ₂	SO ₂	NO ₂	SO ₂	NO ₂	SO ₂	NO ₂	SO ₂
Kabupaten								
3301 Cilacap	4,82	2,83	7,87	3,13	4,67	3,00	10,05	9,13
3302 Banyumas	12,62	11,14	11,59	9,17	9,43	9,97	13,36	4,95
3303 Purbalingga	3,32	12,54	9,10	4,54	13,69	6,71	9,34	5,14
3304 Banjarnegara	19,54	5,86	9,87	3,11	10,90	7,27	14,33	5,25
3305 Kebumen	11,45	3,30	8,92	5,11	7,00	4,73	18,59	8,73
3306 Purworejo	10,96	10,30	7,61	4,76	10,19	7,87	11,30	9,89
3307 Wonosobo	8,46	12,10	8,19	3,83	14,20	10,98	10,70	7,28
3308 Magelang	7,43	8,39	6,50	4,07	7,42	3,50	14,27	6,19
3309 Boyolali	19,01	4,05	11,84	3,53	10,87	4,32	16,30	9,18
3310 Klaten	14,96	4,81	5,92	4,97	7,48	7,77	20,61	6,87
3311 Sukoharjo	7,31	3,42	7,95	4,09	21,94	3,84	20,71	4,96
3312 Wonogiri	12,51	13,12	5,13	4,97	9,04	8,43	11,50	6,01
3313 Karanganyar	12,66	16,05	11,72	13,66	14,38	10,21	21,63	10,06
3314 Sragen	14,11	12,37	12,25	6,74	18,86	5,93	16,07	5,55
3315 Grobogan	5,41	10,26	9,17	6,14	11,58	5,74	18,14	7,18
3316 Blora	10,42	4,02	9,68	8,72	12,19	4,88	18,79	3,10
3317 Rembang	10,01	6,02	9,74	6,60	12,29	6,29	15,55	4,54
3318 Pati	7,79	19,32	10,67	18,67	6,11	8,00	9,14	20,96
3319 Kudus	19,68	7,64	14,19	20,88	20,16	5,76	18,63	12,18
3320 Jepara	17,09	12,54	13,02	8,39	12,64	6,28	22,79	9,69
3321 Demak	31,73	9,63	16,08	3,93	15,25	4,33	8,21	15,44

Gambar 1. 1. Data BPS Kualitas Udara

Gambar 1.1. berikut adalah data BPS kualitas udara di berbagai kota di Jawa Tengah. Angka-angka tersebut menunjukkan tingkat emisi gas NO₂ (Nitrogen Dioksida) dan SO₂ (Sulfur Dioksida) yang dilepaskan ke udara oleh berbagai sektor (industri, pemukiman, perkantoran, transportasi) di masing-masing

kabupaten/kota. Semakin besar angkanya, artinya semakin tinggi konsentrasi atau jumlah gas berbahaya yang dilepaskan di sektor itu.

Tabel 1. 1. Peningkatan IKU Kota Banjarnegara

No	Uraian	Capaian Tahun				
		2020	2021	2022	2023	2024
1	IKU	89,39	88,62	87,91	89,36	92,00
2	IKA	59,31	47,50	52,86	42,68	51,24
3	IKTL	65,16	39,30	39,30	42,39	42,18
	IKLH	72,77	62,36	64,09	61,52	65,76
	Klasifikasi	Baik	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang

Sumber: DPKLH Kabupaten Banjarnegara

Kabupaten Banjarnegara dipilih sebagai lokasi studi kasus karena wilayah ini mencatat tingkat emisi gas pencemar udara yang relatif tinggi dibandingkan daerah lain di sekitarnya. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS), sektor industri dan transportasi di Banjarnegara menyumbang emisi Nitrogen Dioksida (NO_2) masing-masing sebesar 19,54 dan 14,33, serta Sulfur Dioksida (SO_2) masing-masing sebesar 5,86 dan 5,25. Sektor transportasi, khususnya di kawasan dengan intensitas kendaraan tinggi seperti Terminal Induk Banjarnegara, menjadi salah satu kontributor utama dalam pelepasan emisi tersebut.

Meskipun demikian, berdasarkan data dari Dinas Perumahan, Kawasan Permukiman dan Lingkungan Hidup (DPKPLH) Kabupaten Banjarnegara, kualitas udara menunjukkan tren peningkatan selama periode 2021 hingga 2024. Hal ini tercermin dari kenaikan nilai Indeks Kualitas Udara (IKU), dari 88,62 pada tahun 2021 menjadi 92,00 pada tahun 2024. Peningkatan ini mengindikasikan bahwa upaya pengelolaan dan pengendalian pencemaran udara oleh pemerintah daerah mulai menunjukkan hasil yang positif. Namun, klasifikasi Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH) secara umum masih berada pada kategori “Sedang”, yang menunjukkan bahwa tantangan dalam pengendalian polusi udara belum sepenuhnya terselesaikan.

Terminal Banjarnegara sebagai salah satu titik dengan lalu lintas kendaraan yang padat, memiliki peran strategis dalam upaya pengendalian emisi lokal. Oleh karena itu, pengembangan sistem pemantauan dan pengendalian kualitas udara yang berkelanjutan di sekitar terminal menjadi sangat penting, baik untuk mendukung kebijakan lingkungan daerah maupun untuk menjaga kesehatan

masyarakat yang beraktivitas di sekitarnya. Studi ini bertujuan untuk menganalisis kondisi tersebut secara lebih mendalam sebagai bagian dari solusi peningkatan kualitas lingkungan di Banjarnegara.

Kondisi ini menunjukkan potensi pencemaran udara yang signifikan, yang dapat membahayakan kesehatan masyarakat jika tidak dipantau secara serius. NO₂ (Nitrogen Dioksida) bisa menyebabkan gangguan paru-paru, iritasi saluran pernapasan, memperparah asma, dan mengurangi fungsi paru-paru. SO₂ (Sulfur Dioksida) dapat menyebabkan iritasi pada mata dan tenggorokan, masalah pernapasan, serta membentuk hujan asam yang merusak tumbuhan dan bangunan. Jadi, jika angkanya tinggi seperti di Banjarnegara (misalnya NO₂ dari industri = 19,54), itu artinya risiko pencemaran dan gangguan kesehatan juga tinggi. Ini menjadi alasan utama kenapa harus ada sistem pemantauan udara di kabupaten Banjarnegara. Oleh karena itu, penelitian ini penting untuk mengembangkan sistem pemantauan kualitas udara berbasis IoT agar dapat mendeteksi dan mengantisipasi peningkatan emisi secara real-time, khususnya di lingkungan perkotaan seperti Banjarnegara.[1]

Peningkatan kualitas udara di Kabupaten Banjarnegara tersebut mengacu pada beberapa parameter ambien yang digunakan sebagai standar baku mutu lingkungan. Parameter-parameter ini meliputi PM10, PM2.5, suhu (temperatur), kelembapan (humidity), tekanan udara (pressure), serta konsentrasi gas seperti CO dan CO₂. Tabel 1.2. Berikut adalah penjelasan parameter kualitas udara ambien di Banjarnegara.

Tabel 1. 2. Parameter Kualitas Udara Ambien di Banjarnegara

Parameter	Nilai Baik (Ambien) di Banjarnegara untuk Industri & Transportasi	Keterangan
PM10	$\leq 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (per hari), idealnya $\leq 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (tahunan WHO)	PM10 adalah partikel debu kasar; batas baku mutu Permen LH No.12/2010 adalah $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ harian; WHO lebih ketat.

Parameter	Nilai Baik (Ambien) di Banjarnegara untuk Industri & Transportasi	Keterangan
PM2.5	$\leq 15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (per hari), ideal $\leq 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (tahunan WHO)	PM2.5 adalah partikel halus yang berbahaya; Banjarnegara saat ini sering melebihi nilai ini ($23 \mu\text{g}/\text{m}^3$)
Temperatur	20 – 27°C	Suhu nyaman untuk manusia dan tidak memperparah polusi; kondisi umum di Banjarnegara
Humidity	45% – 65% RH	Kelembapan ideal untuk kesehatan dan mengurangi debu terbang
Pressure	1000 – 1020 hPa	Tekanan udara normal di permukaan laut; tidak langsung terkait pencemaran
Gas (CO ppm)	CO ≤ 9 ppm (8 jam rata-rata), CO ₂ ≤ 600 ppm (udara luar sehat)	CO dari kendaraan dan industri harus di bawah standar baku mutu (CO 9 ppm); CO ₂ normal 400-600 ppm

PM10 adalah partikel debu kasar yang memiliki batas aman maksimal $\leq 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per hari menurut WHO, dan Banjarnegara umumnya masih berada dalam ambang tersebut. Sementara itu, PM2.5 yang merupakan partikel debu halus dan lebih berbahaya, idealnya berada $\leq 15 \mu\text{g}/\text{m}^3$, namun Banjarnegara masih sering melebihi nilai tersebut, yakni mencapai $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Suhu udara yang ideal berada pada kisaran 20–27°C, yang merupakan suhu nyaman bagi manusia dan tidak memperparah polusi; kondisi ini secara umum masih sesuai dengan iklim di Banjarnegara. Kelembapan ideal berkisar antara 45–65% RH, yang penting untuk mengurangi penyebaran debu dan menjaga kesehatan pernapasan. Tekanan udara yang normal di permukaan laut adalah 1000–1020 hPa, dan meskipun tidak langsung berkaitan dengan pencemaran, tetap menjadi indikator penting dalam pemantauan kualitas lingkungan. Terakhir, gas seperti karbon monoksida (CO) dan karbon dioksida (CO₂) memiliki batas

ambang aman masing-masing 9 ppm dan 600 ppm. Data dari Banjarnegara menunjukkan bahwa gas buangan dari kendaraan dan industri masih berada di bawah standar baku mutu tersebut.

Dengan memperhatikan seluruh parameter tersebut, dapat disimpulkan bahwa upaya pengendalian kualitas udara di Banjarnegara perlu terus dilakukan secara menyeluruh, karena meskipun secara umum membaik, masih terdapat indikator yang menunjukkan potensi risiko terhadap kesehatan lingkungan dan manusia.

Di tengah pertumbuhan penduduk dan urbanisasi yang pesat, pemantauan kualitas udara di daerah perkotaan menjadi hal yang sangat penting guna melindungi kesehatan publik dan kelestarian lingkungan. Salah satu cara efektif untuk memperkuat sistem pemantauan tersebut adalah dengan mengintegrasikan teknologi *Internet of Things* (IoT). Penelitian menunjukkan bahwa pemanfaatan sensor IoT memungkinkan pengambilan data secara instan dan real-time, yang sangat membantu dalam mengidentifikasi serta merespons masalah polusi dengan cepat. Sensor ini mampu memberikan data yang akurat tentang konsentrasi polutan seperti PM2.5 dan zat berbahaya lainnya, sekaligus memperkuat landasan pengambilan keputusan dalam pembuatan kebijakan lingkungan. Selain itu, dengan penyediaan data yang dapat diakses secara online melalui website atau dashboard, teknologi IoT turut meningkatkan kesadaran masyarakat dan mendorong keterlibatan aktif dalam upaya pengendalian polusi udara[2].

Internet of Things (IoT) adalah konsep yang bertujuan memperluas fungsi internet dengan cara menghubungkan berbagai perangkat, sensor, dan objek fisik lainnya secara berkelanjutan. Dengan bantuan aktuator, IoT dapat mengumpulkan data, memantau kinerja perangkat, serta mengendalikan mesin secara otomatis berdasarkan data yang diperoleh. Salah satu kelebihan utama dari IoT adalah kemampuannya dalam mengontrol sistem melalui aplikasi pemantauan. Sensor yang tergabung dalam jaringan IoT memungkinkan pengambilan data secara real-time, yang sangat berguna dalam meningkatkan efisiensi serta responsivitas

sistem terhadap kebutuhan pengguna. Sebagai contoh, dalam sistem rumah pintar, perangkat berbasis IoT mampu mengelola konsumsi energi dan mengotomatisasi berbagai aktivitas harian, sehingga menciptakan lingkungan yang lebih nyaman dan efisien[3].

Teknologi Internet of Things (IoT) memberikan solusi yang efektif dan efisien dalam melakukan pemantauan kualitas udara secara langsung (real-time). Melalui koneksi antara sensor dan jaringan internet, proses pengumpulan, pemrosesan, serta analisis data dapat dilakukan secara otomatis. Dalam konteks pemantauan kualitas udara, sistem IoT biasanya terdiri atas sensor lingkungan, koneksi internet sebagai jalur komunikasi, dan server yang bertugas menyimpan serta menganalisis data. Dengan adanya teknologi ini, pengguna dapat memperoleh informasi yang akurat dan mutakhir, sehingga memungkinkan pengambilan tindakan pencegahan maupun perbaikan secara cepat dan tepat sasaran[4].

NodeMCU V3 ESP8266 merupakan modul mikrokontroler yang sangat cocok digunakan dalam pengembangan sistem Internet of Things (IoT). Dilengkapi dengan konektivitas Wi-Fi bawaan, modul ini memungkinkan perangkat terhubung langsung ke internet. NodeMCU menyediakan berbagai port input/output, baik digital maupun analog, serta mendukung protokol komunikasi seperti UART, SPI, dan I2C. Berkat kelengkapan fitur tersebut, NodeMCU menjadi pilihan ideal untuk sistem pemantauan kualitas udara, karena dapat membaca data dari sensor dan mengirimkannya secara nirkabel. Selain itu, modul ini memiliki banyak pin I/O yang mendukung fleksibilitas dalam berbagai aplikasi pemantauan dan pengendalian berbasis IoT. NodeMCU juga kompatibel dengan Arduino IDE, menjadikan proses pemrograman lebih mudah melalui koneksi mini-USB yang sudah tersedia pada perangkat[5].

Prototyping merupakan salah satu metode yang umum digunakan dalam pengembangan sistem, di mana terdapat kolaborasi antara pengembang dan pengguna selama proses pembuatan. Pendekatan ini melibatkan partisipasi langsung dari pengguna pada tahap analisis dan perancangan, sehingga sangat membantu dalam penyempurnaan sistem yang sedang dibangun. Dalam

pengembangan sistem, diperlukan metode yang terstruktur. Menurut Pressman (2005:83), Prototyping adalah salah satu model yang dapat diterapkan, terutama ketika pengguna hanya menyampaikan gambaran umum mengenai tujuan sistem, tanpa menjelaskan secara detail mengenai input, proses, maupun output. Metode ini menggunakan pendekatan iteratif yang memungkinkan sistem dikembangkan secara cepat dan bertahap, sehingga pengguna dapat segera melakukan evaluasi.

Secara konseptual, metode Prototyping merupakan serangkaian tahapan yang dilakukan oleh pengembang sistem dalam menganalisis, merancang, hingga mengimplementasikan suatu sistem. Tahapan ini diawali dengan komunikasi antara pengembang dan pengguna untuk membahas tujuan utama dari pengembangan sistem serta mengidentifikasi kebutuhan-kebutuhan penting yang harus dipenuhi. Setelah itu, pengembang menyusun rancangan sistem secara cepat dan akurat, lalu mengubahnya menjadi sebuah prototipe. Prototipe tersebut kemudian diperlihatkan kepada pengguna untuk mendapatkan umpan balik, yang selanjutnya digunakan sebagai dasar perbaikan dan penyempurnaan sistem pada tahap berikutnya. Proses ini berlangsung secara berulang hingga sistem benar-benar selesai dikembangkan[6].

Berdasarkan uraian latar belakang tersebut, tujuan dari penelitian ini adalah merancang sebuah sistem pemantauan kualitas udara berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan memanfaatkan NodeMCU V3 (ESP-12). Sistem ini diharapkan dapat memberikan dukungan kepada masyarakat maupun pihak pemerintah dalam memantau kondisi udara serta mengambil langkah-langkah untuk mengurangi tingkat polusi, sehingga dapat meningkatkan kualitas hidup seluruh makhluk yang tinggal di area perkotaan.[7].

1.2. Rumusan Masalah

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh kebutuhan akan sistem pemantauan kualitas udara yang mampu memberikan data secara real-time, khususnya di kawasan dengan potensi pencemaran tinggi seperti Terminal Induk Banjarnegara. Saat ini, keterbatasan akses terhadap data kualitas udara yang akurat dan terjangkau menjadi tantangan dalam upaya pengendalian polusi. Oleh karena itu,

diperlukan perancangan dan pembangunan sistem berbasis IoT yang menggunakan NodeMCU V3 dan sensor-sensor lingkungan seperti MQ135, SDS011, dan BME280 untuk mendeteksi parameter kualitas udara. Penelitian ini juga ingin mengetahui sejauh mana efektivitas sistem yang dikembangkan dalam memantau kualitas udara di lokasi tersebut dan bagaimana informasi yang dihasilkan dapat membantu meningkatkan kesadaran masyarakat serta mendukung pengambilan kebijakan pengendalian polusi udara.

1.3. Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang dan mengembangkan sistem pemantauan kualitas udara berbasis Internet of Things (IoT) dengan menggunakan NodeMCU V3 (ESP-12).
2. Menghubungkan sensor udara dengan mikrokontroler agar mampu melakukan pemantauan kualitas udara secara waktu nyata (real-time).
3. Menyediakan visualisasi data kualitas udara melalui platform web atau dashboard yang mudah diakses oleh pengguna.
4. Melakukan analisis terhadap kondisi kualitas udara di kawasan Terminal Induk Banjarnegara, yang merupakan wilayah dengan aktivitas transportasi padat dan potensi polusi udara yang tinggi.

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini antara lain:

1. Menawarkan solusi pemantauan kualitas udara yang efisien dan terjangkau.
2. Meningkatkan kesadaran masyarakat akan pentingnya menjaga kualitas udara di lingkungan mereka.
3. Menyediakan data secara real-time yang dapat dimanfaatkan untuk tindakan pencegahan atau dasar dalam merumuskan kebijakan pengendalian polusi udara.

4. Menjadi acuan bagi pengembangan sistem berbasis IoT lainnya, khususnya yang berkaitan dengan isu lingkungan.
5. Mengidentifikasi tingkat pencemaran udara secara spesifik di area Terminal Induk Banjarnegara, sehingga dapat dijadikan dasar dalam pengelolaan lalu lintas, pemantauan emisi kendaraan, serta perumusan kebijakan lingkungan yang lebih efektif di wilayah tersebut.
6. Mendukung pengelolaan transportasi umum yang lebih berkelanjutan dengan mendorong penerapan kebijakan teknis, seperti inspeksi emisi kendaraan secara rutin di area terminal.

1.4. Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terarah dan terfokus, ditetapkan sejumlah batasan sebagai berikut:

1. NodeMCU V3 (ESP-12) digunakan sebagai mikrokontroler utama dalam sistem.
2. Jenis sensor yang digunakan dibatasi pada sensor kualitas udara, yaitu MQ135 untuk mendeteksi gas berbahaya, SDS11 untuk mengukur partikel debu PM2.5 dan PM10, serta BME-280 untuk mengukur suhu, kelembaban, dan tekanan udara.
3. Pemantauan kualitas udara dilakukan secara real-time melalui tampilan website yang menyajikan data dalam bentuk grafik maupun indikator digital.
4. Pengiriman data dari sensor ke platform web dilakukan melalui koneksi Wi-Fi.
5. Sistem ini hanya berfungsi sebagai alat pemantau kualitas udara, tanpa kemampuan untuk mengendalikan atau mengatur kondisi lingkungan secara otomatis.
6. Pengujian sistem dibatasi pada wilayah Terminal Induk Banjarnegara sebagai lokasi studi utama, yang dipilih karena memiliki tingkat aktivitas kendaraan yang tinggi dan berpotensi besar terhadap pencemaran udara.
7. Sensor akan ditempatkan di lokasi-lokasi strategis di sekitar terminal, seperti area keberangkatan, tempat parkir bus, dan pintu masuk utama, untuk

memperoleh data kualitas udara yang mewakili kondisi lingkungan secara menyeluruh.

1.5. Tahapan Penelitian

Penelitian ini mengadopsi metode prototyping, yaitu pendekatan pengembangan sistem yang bersifat iteratif. Metode ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem pemantauan kualitas udara secara bertahap, dimulai dari identifikasi kebutuhan pengguna, perancangan awal, pembuatan prototipe, hingga proses evaluasi dan implementasi langsung di lapangan. Pendekatan ini memungkinkan sistem untuk diuji dan disempurnakan secara berulang-ulang hingga tercapai versi akhir yang stabil dan sesuai dengan kebutuhan pengguna. Adapun langkah-langkah dalam metode ini yang digunakan dalam penelitian meliputi tahapan berikut:

1.5.1. Studi Literatur

Studi literatur merupakan tahap awal yang dilakukan untuk mengumpulkan informasi dari berbagai sumber yang relevan, seperti jurnal ilmiah, buku, dan hasil penelitian terdahulu. Langkah ini bertujuan untuk membekali peneliti dengan pemahaman mengenai konsep dasar sistem pemantauan kualitas udara, pemilihan jenis sensor yang sesuai, serta teknologi pendukung seperti Internet of Things (IoT) dan aplikasi berbasis web.

1.5.2. Observasi dan Wawancara

Setelah studi pustaka, peneliti melakukan observasi lapangan dan wawancara langsung dengan pihak-pihak yang terkait, seperti pengguna sistem, ahli di bidangnya, atau pemangku kepentingan lainnya. Observasi dilakukan untuk mendapatkan gambaran nyata mengenai kondisi, permasalahan, dan kebutuhan yang ada di lapangan. Sementara itu, wawancara berguna untuk menggali informasi secara mendalam dan mendapatkan perspektif langsung dari pengguna. Data yang diperoleh dari tahap ini akan digunakan untuk memperkuat analisis kebutuhan sistem.

1.5.3. Analisis Kebutuhan Sistem Keseluruhan

Data hasil observasi dan wawancara kemudian dianalisis untuk merumuskan kebutuhan sistem secara menyeluruh. Analisis ini meliputi identifikasi fitur dan fungsi yang harus dimiliki oleh sistem, baik dari sisi pengguna (user requirement) maupun dari sisi teknis (technical requirement). Peneliti mengelompokkan kebutuhan berdasarkan prioritas dan memastikan bahwa semua aspek penting telah tercover. Hasil analisis ini menjadi pedoman dalam merancang sistem agar sesuai dengan harapan pengguna dan tujuan penelitian.

1.5.4. Menentukan Metode Penelitian

Berdasarkan hasil analisis kebutuhan, peneliti menentukan metode yang paling sesuai untuk mengembangkan sistem. Dalam diagram ini, dipilih metode prototipe karena dianggap efektif untuk proyek yang menuntut interaksi aktif dengan pengguna. Metode ini memungkinkan pembuatan versi awal sistem yang kemudian bisa diperbaiki dan disempurnakan berdasarkan umpan balik. Keunggulan metode ini adalah fleksibilitas dalam pengembangan sistem yang terus berkembang seiring evaluasi berulang dari pengguna akhir.

1.5.5. Implementasi Metode Prototipe

Tahapan ini adalah fase penting dalam pengembangan sistem yang bersifat iteratif, artinya dilakukan secara berulang untuk mencapai hasil terbaik sesuai kebutuhan pengguna. Implementasi metode prototipe terdiri dari beberapa langkah utama yang saling berhubungan, yaitu:

1. Pengumpulan Kebutuhan Sistem

Tahap ini merupakan pendalaman dari analisis kebutuhan sebelumnya. Peneliti atau pengembang mengidentifikasi kebutuhan sistem secara lebih rinci, baik dari sisi teknis maupun fungsional. Fokus utama adalah apa saja yang dibutuhkan untuk membangun sistem, seperti jenis perangkat keras (hardware) yang diperlukan, fitur utama dari perangkat lunak (software), serta spesifikasi dari masing-masing komponen agar sistem dapat berjalan dengan baik.

2. Perancangan Hardware dan Software

Setelah kebutuhan terkumpul, dibuat rancangan awal sistem. Rancangan ini mencakup arsitektur sistem, desain antarmuka pengguna (UI), struktur data, dan alur kerja sistem. Untuk perangkat keras, dapat mencakup pemilihan komponen, topologi jaringan, atau desain fisik alat. Sedangkan pada sisi software, biasanya melibatkan desain algoritma, struktur database, dan tampilan program. Rancangan ini bertujuan sebagai blueprint atau cetak biru sebelum pembangunan dimulai.

3. Evaluasi Prototipe Rancangan Hardware dan Software

Sebelum sistem benar-benar dikembangkan, dilakukan evaluasi terhadap rancangan awal. Evaluasi ini bisa berupa review desain, diskusi dengan calon pengguna, atau simulasi sederhana untuk melihat apakah rancangan sudah sesuai harapan. Hasil evaluasi ini dapat menjadi dasar untuk merevisi desain jika masih ditemukan kekurangan atau ketidaksesuaian dengan kebutuhan.

4. Pengkodean Hardware dan Software

Setelah desain disetujui, dilakukan tahap pengkodean (coding) untuk merealisasikan sistem. Pengkodean pada software mencakup penulisan program dengan bahasa pemrograman tertentu sesuai spesifikasi. Sedangkan pada hardware, pengkodean bisa melibatkan pemrograman mikrokontroler atau integrasi antar perangkat keras. Proses ini merupakan penerjemahan rancangan ke dalam bentuk nyata yang bisa dijalankan.

5. Pengujian Sistem Secara Prototipe

Prototipe yang telah selesai dikembangkan diuji secara fungsional. Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah sistem berjalan dengan baik, apakah fitur yang dibangun sesuai dengan kebutuhan, dan apakah ada bug atau kesalahan. Jika ditemukan masalah, maka akan dilakukan perbaikan. Pengujian ini penting karena menjadi dasar untuk evaluasi awal terhadap performa sistem.

6. Evaluasi Sistem Hardware dan Software

Setelah dilakukan pengujian, sistem akan dievaluasi kembali, baik dari segi perangkat keras maupun perangkat lunaknya. Evaluasi ini bertujuan untuk melihat kesesuaian antara sistem yang dibangun dengan kebutuhan pengguna. Bila perlu, dilakukan penyempurnaan sebelum sistem diterapkan ke lingkungan nyata. Evaluasi ini juga membantu memastikan bahwa sistem stabil, efisien, dan mudah digunakan.

1.5.6. Implementasi Lapangan

Jika sistem sudah dievaluasi dan dianggap siap, maka dilakukan implementasi lapangan atau penerapan terbatas di lingkungan nyata. Tujuannya adalah untuk melihat bagaimana sistem berfungsi dalam kondisi sebenarnya dan untuk mengumpulkan umpan balik dari pengguna secara langsung. Dari sini, bisa diketahui apakah sistem benar-benar efektif atau masih perlu dilakukan revisi. Biasanya setelah implementasi ini akan terjadi siklus kembali ke tahapan sebelumnya jika dibutuhkan perbaikan.

1.5.7. Pengujian Keseluruhan Sistem

Setelah prototipe berhasil diimplementasikan di lapangan, sistem kemudian diuji secara menyeluruh untuk memastikan seluruh komponen sistem baik perangkat keras maupun perangkat lunak berfungsi sebagaimana mestinya. Pengujian ini dilakukan secara integratif untuk mengevaluasi fungsionalitas, performa, kestabilan, dan interaksi antar komponen sistem. Pengujian menyeluruh juga memastikan bahwa tidak ada kesalahan yang lolos dari tahap pengujian sebelumnya dan bahwa sistem siap digunakan dalam skala penuh. Pada titik ini, dilakukan evaluasi terhadap hasil pengujian menyeluruh untuk menilai apakah sistem telah memenuhi seluruh kebutuhan dan kriteria yang telah ditetapkan sebelumnya. Jika hasil evaluasi menunjukkan bahwa sistem belum berhasil atau masih terdapat kekurangan, maka proses akan kembali ke tahap evaluasi atau implementasi untuk dilakukan perbaikan. Namun jika sistem dianggap berhasil dan layak digunakan, maka penelitian dapat dilanjutkan ke

tahap akhir. Tahapan ini bersifat sebagai “checkpoint” untuk memutuskan kelanjutan proses pengembangan.

1.5.8. Evaluasi Keseluruhan Sistem

Tahap evaluasi akhir dilakukan terhadap seluruh aspek sistem, mencakup ketepatan fungsionalitas, kesesuaian dengan kebutuhan pengguna, efisiensi kinerja, serta kemudahan penggunaan. Evaluasi ini biasanya dilakukan dengan melibatkan pengguna langsung (user acceptance test), dan hasilnya akan digunakan untuk merefleksikan kekuatan dan kelemahan sistem yang dibangun. Evaluasi menyeluruh juga memberikan bahan pertimbangan untuk pengembangan lebih lanjut atau perbaikan di masa mendatang.

1.5.9. Penulisan Laporan

Setelah semua tahapan teknis selesai, peneliti menyusun laporan akhir yang mendokumentasikan seluruh proses penelitian dari awal hingga akhir. Laporan ini mencakup latar belakang, rumusan masalah, metode yang digunakan, tahapan pengembangan sistem, hasil evaluasi, dan kesimpulan dari penelitian. Penulisan laporan dilakukan secara sistematis agar dapat menjadi rujukan ilmiah yang valid serta dapat dipertanggungjawabkan secara akademik.