

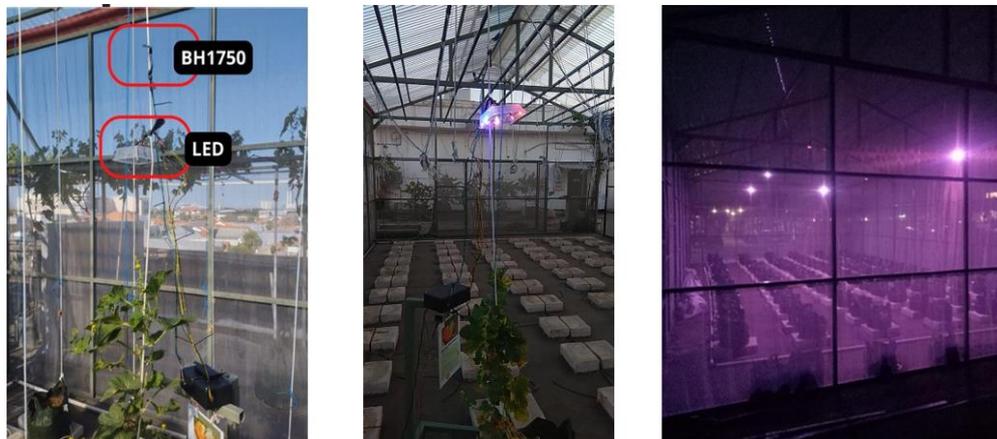
BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Gambaran Umum Objek Penelitian

Lampu *light emitting diode*/LED Tanaman adalah lampu dengan spektrum warna tertentu yang berguna untuk mengoptimalkan proses fotosintesis pada tanaman sesuai dengan fase vegetatif maupun generatifnya. Lampu LED merupakan alternatif yang efisien untuk meningkatkan pencahayaan di ruangan yang minim sinar matahari. Dalam sistem hidroponik di dalam ruangan, lampu LED dapat mengatasi minimnya cahaya alami, sehingga mendukung proses fotosintesis yang optimal bagi tanaman. Agar tanaman tetap sehat, penggunaan lampu LED sebaiknya dibatasi tidak lebih dari 14–16 jam per hari (Indisari, 2019). Seperti yang diungkapkan Sutoyo (2011), setiap jenis tanaman memerlukan durasi cahaya yang bervariasi sesuai dengan tahap pertumbuhannya.

Diketahui Telkom University Surabaya memiliki sebuah area taman di *rooftop* yang dikelola dengan konsep urban farming, di mana berbagai jenis tanaman ditanam dan dirawat dengan memanfaatkan teknologi *light emitting diode* (LED) untuk mendukung pertumbuhan tanaman secara optimal. Lampu LED ini dirancang khusus untuk meniru spektrum sinar matahari yang dibutuhkan tanaman, memungkinkan pertumbuhan yang lebih baik di tempat dengan cahaya alami terbatas. Pencahayaan yang teratur dan terkendali mempercepat siklus pertumbuhan tanaman, menjadikan urban farming di Universitas Telkom lebih produktif. Selain itu, teknologi LED menghemat lebih banyak energi dibandingkan pencahayaan konvensional, sehingga lebih efisien secara biaya dan berkontribusi pada keberlanjutan. Teknologi ini memiliki keunggulan sebagai solusi yang lebih ramah lingkungan, sehingga sangat sesuai untuk diterapkan dalam kegiatan pertanian di lingkungan perkotaan, khususnya di Telkom University Surabaya. Selain itu, penerapan teknologi ini juga mendukung upaya kampus dalam mewujudkan konsep *sustainability* dan *green campus*.



Gambar 1.1 Lokasi *Light Emitting Diode*

Sumber: Proposal *Rooftop Farming Center University Telkom* (2021)

Pada Gambar 1.1 merupakan tampilan lokasi pemasangan lampu LED khusus yang digunakan di Telkom University Surabaya. Teknologi *light emitting diode* ini dirancang secara khusus dengan spektrum warna yang dipilih secara tepat untuk memberikan pencahayaan optimal bagi pertumbuhan tanaman, baik dalam lingkungan *urban farming* di area *rooftop* maupun dalam ruangan tertutup yang minim sinar matahari. Spektrum cahaya biru dan merah, yang menjadi komponen utama dalam teknologi ini, memiliki peran yang sangat penting dalam merangsang proses fotosintesis dan perkembangan tanaman. Cahaya biru membantu meningkatkan pertumbuhan daun dan batang dengan merangsang klorofil, yang penting untuk proses fotosintesis yang efisien, sementara cahaya merah berperan dalam proses pembungaan dan pematangan tanaman, yang sangat penting untuk menghasilkan hasil panen yang optimal. Dengan pemanfaatan teknologi *light emitting diode* (LED), tanaman di area *urban farming* Telkom University dapat tumbuh lebih cepat dan optimal, bahkan di lahan terbatas atau di ruang yang kurang pencahayaan alami. Penggunaan LED ini juga memungkinkan pencahayaan yang lebih tepat dan terfokus pada kebutuhan spesifik tanaman, sehingga pertumbuhannya dapat dipercepat, tanpa pemborosan energi. Selain itu, penggunaan teknologi ini dapat memaksimalkan penggunaan ruang vertikal yang terbatas, memungkinkan produktivitas pertanian yang lebih tinggi meskipun dengan lahan yang minim. Dengan begitu, teknologi LED membantu mengatasi

tantangan dalam urban farming di lingkungan perkotaan yang padat, menciptakan solusi pertanian yang efisien dan berkelanjutan.



Gambar 1.2 Warna Spektrum *Light Emitting Diode*

Sumber: Proposal *Rooftop Farming Center University Telkom* (2021)

Warna spektrum *light emitting diode*, yang di tunjukkan pada Gambar 1.2, terdiri dari cahaya biru yang memiliki peran penting dalam mendukung fase vegetatif. Cahaya spektrum biru dan merah yang dihasilkan oleh lampu LED sangat penting untuk pertumbuhan tanaman, terutama dalam proses fotosintesis. Cahaya biru (sekitar 400-500 nm) membantu pertumbuhan vegetatif dan mengatur pembukaan stomata, sedangkan cahaya merah (sekitar 600-700 nm) membantu pembungaan dan pematangan buah. Kedua spektrum ini dapat meningkatkan klorofil daun, laju fotosintesis, dan akumulasi bahan kering. Semua faktor ini sangat penting untuk pertumbuhan tanaman yang optimal. Studi menunjukkan bahwa penggunaan lampu LED dengan spektrum biru dan merah secara bersamaan dapat menghasilkan hasil yang lebih baik daripada penggunaan lampu LED dengan hanya satu spektrum. *Light emitting diode* memastikan tanaman tidak hanya tumbuh dengan baik tetapi juga menghasilkan hasil yang optimal dalam jangka waktu yang lebih efisien, sehingga sangat cocok digunakan dalam skenario *urban farming modern* (Chang *et al.*, 2016).

1.2 Latar Belakang

Berdasarkan data tahun 2020, sekitar 75% penduduk Indonesia mendiami di area perkotaan. Hal tersebut memiliki dampak langsung berupa peningkatan beban kemiskinan, pengangguran, dan kekurangan pangan di kota-kota. Salah satu alternatif yang dapat diterapkan untuk menyelesaikan permasalahan ini adalah dengan memanfaatkan konsep *urban farming*. Alternatif ini memungkinkan masyarakat perkotaan memanfaatkan pekarangan rumah dan lahan kosong di sekitar permukiman untuk kegiatan produktif. *Urban farming* tidak hanya mengoptimalkan pemanfaatan lahan, tetapi juga berkontribusi dalam meningkatkan kesejahteraan ekonomi masyarakat di sekitarnya (Mundiyah dkk., 2020).

Menurut Nugraheni (2013), *urban farming* merupakan bagian dari berbagai kegiatan berkebun di tengah perkotaan yang menguntungkan dari segi ekonomi dan kesehatan dan dapat memenuhi kebutuhan oksigen yang penting bagi kehidupan. Melakukan *urban farming* memiliki beberapa manfaat, diantaranya: (1) **nilai praktis** karena *urban farming* memungkinkan orang untuk berkolaborasi dalam mengelola lingkungan hidup; (2) **nilai ekonomis**, karena hasil panennya dapat dijual dan memberikan keuntungan; (3) **nilai ekologis**, karena berkontribusi dalam membersihkan udara dan mengurangi timbunan sampah dengan memanfaatkan barang bekas; serta (4) **nilai estetika**, karena mempercantik lingkungan dan meningkatkan keindahan kota.

Penelitian menunjukkan bahwa *urban farming* tidak hanya membantu mengatasi isu akses dan ketersediaan pangan, tetapi juga membuka peluang kerja baru serta berkontribusi dalam pengentasan kemiskinan. Beberapa negara telah mengembangkan metode *urban farming* atau pertanian perkotaan yang efektif. Sebuah penelitian di Afrika menunjukkan bahwa *urban farming* mampu meningkatkan pendapatan hingga 27% dan memenuhi 15-20% kebutuhan rumah tangga. Hasil serupa juga ditemukan di wilayah Asia, Amerika, dan Eropa, meskipun masing-masing kawasan memiliki tantangan unik. Di Indonesia, urban farming mulai berkembang setelah krisis ekonomi tahun 1997. Sejak 2011, komunitas berkebun telah terbentuk di 33 kota dan 9 universitas. Meski demikian,

perkembangan *urban farming* di Indonesia masih terkendala oleh keterbatasan dukungan pemerintah, kepemilikan lahan yang terbatas, serta rendahnya partisipasi masyarakat. (Fauzi dkk., 2016).

Penelitian yang dilakukan oleh Setiawan dan Rahmi (2004) mengenai *urban farming* di enam kota besar di Indonesia, yaitu Surabaya, Cirebon, Bandung, Yogyakarta, Pacitan, dan Salatiga, mengungkapkan bahwa praktik *urban farming* yang memanfaatkan pekarangan dan lahan terlantar cenderung memiliki pola yang serupa. Di Surabaya, gerakan *urban farming* mulai diinisiasi sebagai program pemerintah daerah sejak tahun 2007 dengan tujuan utama mengurangi angka kemiskinan. Santoso dan Widya (2014) menilai bahwa gerakan ini berpotensi memperkuat kemandirian masyarakat sekaligus menjadi solusi alternatif untuk menjaga ketahanan pangan, khususnya bagi rumah tangga dengan tingkat ekonomi rendah. Namun, menurut Widyawati (2013), *urban farming* di Indonesia masih belum menjadi prioritas utama sehingga hanya sedikit pihak yang berkomitmen untuk mengembangkannya.

Berdasarkan informasi *Food and Agriculture Organization* (2020), pertanian perkotaan dapat berkontribusi secara signifikan terhadap ketahanan pangan dan nutrisi, serta meningkatkan ketahanan masyarakat terhadap perubahan iklim. Sehingga, pertanian perkotaan atau *Urban farming* menjadi landasan utama dalam mencapai tujuan *Sustainable Development Goals* (Alfariza *et al.*, 2023). *Sustainable Development Goals* (SDGs) adalah rangkaian tujuan global yang dirancang oleh PBB untuk mencapai target pembangunan yang berkelanjutan. *Urban farming*, yang didukung oleh teknologi canggih seperti *light emitting diode* berperan signifikan dalam mendukung tercapainya SDGs, terutama untuk meningkatkan ketahanan pangan di lingkungan perkotaan. Dengan memanfaatkan teknologi pencahayaan yang efektif, peternakan kota dapat mengoptimalkan produksi tanaman. Ini menunjukkan bahwa orang-orang memiliki akses yang lebih baik terhadap makanan yang sehat dan segar. Sehingga, teknologi *light emitting diode* yang digunakan dalam *urban farming* dapat mendukung SDG 2 tentang penghapusan kelaparan dan SDG 11 yang menekankan pentingnya pembangunan kota dan pemukiman yang inklusif, aman, dan berkelanjutan. *Urban farming*

memberikan kontribusi terhadap pencapaian tujuan pertama dari *SDGs*, yaitu mengurangi kemiskinan, dengan memberikan dampak langsung terhadap peningkatan akses pangan. Selain itu, pertanian perkotaan juga dapat meningkatkan pendapatan masyarakat, baik melalui hasil penjualan produk pertanian maupun dengan mengurangi pengeluaran untuk membeli bahan pangan. Keberadaan *urban farming* memungkinkan individu untuk memproduksi pangan mereka sendiri atau memperoleh dengan harga yang lebih terjangkau, karena adanya pengurangan biaya distribusi pangan dari pedesaan ke perkotaan (Nicholls dkk., 2020).

Monica dan Varsha (2020) juga mengatakan bahwa *urban farming*, meskipun secara tidak langsung, mendukung pencapaian tujuan SDGs, khususnya dalam meningkatkan pertumbuhan ekonomi dan menurunkan tingkat pengangguran terbuka, melalui penyediaan lapangan kerja. Selanjutnya, penelitian yang dilakukan di DKI Jakarta menunjukkan bahwa *urban farming* memberikan kontribusi sebesar 62,7% dari pendapatan rumah tangga dan biaya total (Amatillah, 2019). Berbagai kebijakan dan inovasi pemerintah lokal dipengaruhi oleh berbagai kondisi sosio-ekonomi, budaya, geografi, iklim, dan luas lahan di perkotaan. Selain itu, diversitas di setiap kota juga dapat menciptakan keunikannya masing-masing. Pertanian ini juga memicu berbagai gerakan lokal, seperti "*foodies*", "*locavores*", dan "*growers organik*", yang berbagi informasi dan menyediakan tempat untuk membeli produk lokal (Yunus Arifien dkk., 2023).



Gambar 1.3 Persentase Tenaga Kerja Usaha Pertanian di Perkotaan dan Pedesaan

Sumber: Badan Pusat Statistik (2023)

Gambar 1.3 merupakan grafik tenaga kerja usaha pertanian di perkotaan dan perdesaan. Dapat dilihat bahwa persentase tenaga kerja di sektor usaha pertanian di perkotaan terus meningkat setiap tahunnya. Dengan meningkatnya sektor pertanian di perkotaan, hal tersebut menunjukkan bahwa orang-orang sudah mulai sadar dengan adanya *urban farming*. Menurut Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (LHK), *urban farming* memiliki potensi untuk meningkatkan nilai ekologi melalui peningkatan ruang hijau di perkotaan dan memberikan dampak positif pada produktivitas masyarakat, ekonomi, dan pendidikan. Dengan keberhasilan implementasi *urban farming* dan dampak positif dari konsep *urban farming* maka dibutuhkan teknologi yang canggih dan efisien untuk membantu proses pertumbuhan tanaman vegetatif dan generatif yaitu *teknologi light emitting diode*. Dalam hal ini, teknologi *light emitting diode* untuk pertumbuhan tanaman memainkan peran penting dalam mendukung *urban farming*. Pemilihan teknologi *Light Emitting Diode (LED)* dalam *urban farming* didorong oleh efisiensi energi yang tinggi, yang mengurangi konsumsi daya dan biaya operasional. LED juga memiliki umur pakai yang lebih panjang, mengurangi biaya pemeliharaan, serta dapat memancarkan spektrum cahaya yang dapat disesuaikan untuk optimasi fotosintesis, yang pada gilirannya meningkatkan hasil pertanian. Dengan berbagai keunggulan ini, LED merupakan pilihan yang tepat untuk mendukung pertanian yang efisien, berkelanjutan, dan menguntungkan secara ekonomi. Teknologi ini tidak hanya memberikan solusi pencahayaan yang optimal untuk tanaman dalam lahan terbatas, tetapi juga dapat meningkatkan efisiensi produksi pertanian di perkotaan. Oleh karena itu, analisis kelayakan *ekonomi teknologi light emitting diode* menjadi penting untuk menilai potensi biaya dan manfaat yang dapat diperoleh praktisi *urban farming* dari penerapannya, sekaligus memastikan keberlanjutan dan keuntungan jangka panjang dalam sektor ini. Pemilihan teknologi LED didasarkan pada efisiensi energi yang tinggi, umur pakai yang panjang, dan biaya operasional yang rendah, yang mendukung peningkatan hasil tanaman di lahan terbatas dan sejalan dengan prinsip keberlanjutan lingkungan. Teknologi ini perlu dikomersialisasikan karena memiliki potensi besar untuk mendukung pertumbuhan *urban farming* secara luas dan mendorong terciptanya

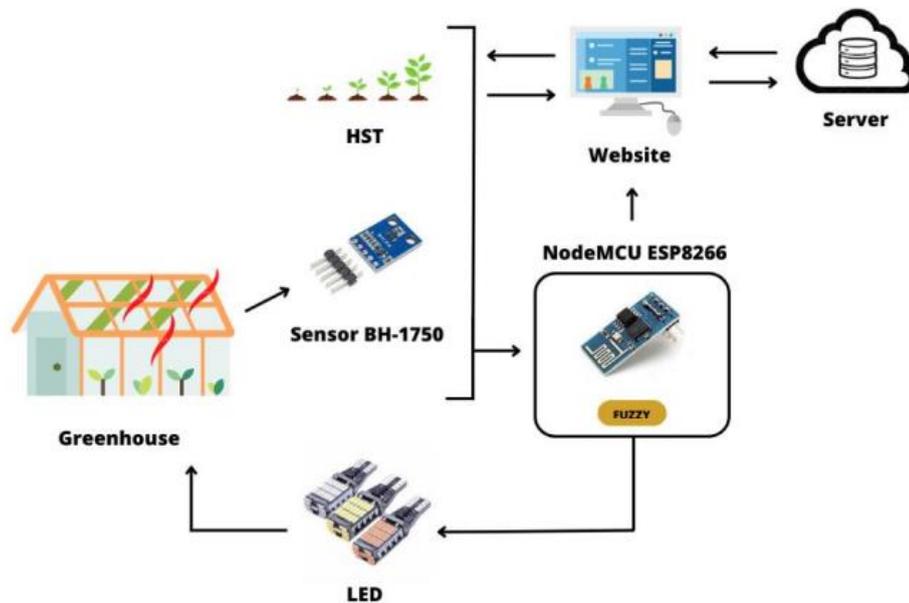
peluang bisnis baru yang kompetitif. Dengan demikian, komersialisasi teknologi LED dapat mempercepat transformasi *urban farming* menuju model yang *modern*, ramah lingkungan, dan berkontribusi signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi serta penciptaan lapangan kerja.

Lampu LED menjadi pilihan yang tepat untuk meningkatkan produksi tanaman seperti sayuran dan buah-buahan dengan memperpanjang durasi fotosintesis, terutama saat malam hari, setelah tanaman menerima cahaya matahari di siang hari. Teknologi ini dapat meningkatkan produktivitas ekonomi tanaman seperti selada, sawi hijau, bayam, tomat, dan stroberi, namun pencahayaan LED sebaiknya dibatasi hingga 14–16 jam per hari untuk menjaga kesehatan tanaman (Namdar et al., 2019). Lampu LED dirancang untuk memancarkan panjang gelombang merah (600–700 nm) dan biru (400–500 nm), yang mendukung proses fotosintesis dan mempercepat pertumbuhan tanaman secara optimal. Keuntungan penggunaan lampu LED antara lain adalah spektrum cahayanya yang sempit, konsumsi daya listrik yang lebih rendah dibandingkan dengan lampu neon dan lampu pijar, serta panas yang dihasilkan lebih kecil dibandingkan jenis lampu lainnya (Restiani dkk., 2015). Lampu LED adalah salah satu inovasi yang dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan efisiensi pencahayaan dalam *urban farming*. Dibandingkan dengan lampu taman konvensional, Lampu LED menawarkan berbagai keunggulan, seperti ukuran yang lebih kompak, daya tahan tinggi, umur pemakaian lebih panjang, suhu operasi yang lebih rendah, serta kemampuan untuk mengatur panjang gelombang tertentu yang sesuai dengan kebutuhan tanaman (Sihotang, 2024). Sebaliknya, lampu konvensional cenderung boros energi, menghasilkan lebih banyak panas, dan memiliki spektrum cahaya yang kurang optimal untuk mendukung fotosintesis.

Lampu LED memiliki pengaruh signifikan terhadap pertumbuhan tanaman. Salah satu kelebihan utama dari lampu LED adalah kemampuannya untuk menghasilkan spektrum cahaya yang dapat diatur sesuai dengan kebutuhan spesifik tanaman. Cahaya merah dan biru, yang sangat penting bagi proses fotosintesis, dapat disediakan secara optimal oleh lampu LED (Sihotang, 2024). Selain itu,

lampu LED lebih hemat energi dari pada lampu tradisional karena efisiensi energinya yang tinggi. Teknologi pencahayaan *light emitting diode* memiliki potensi besar dalam mendukung *urban farming* dan meningkatkan ketahanan pangan di lingkungan perkotaan. Dengan penerapan sistem pencahayaan yang efisien, *light emitting diode* dapat mempercepat pertumbuhan tanaman dan meningkatkan hasil panen, terutama dalam kondisi terbatas. Penelitian menunjukkan bahwa penggunaan teknologi pencahayaan yang tepat, seperti lampu LED, dapat meningkatkan efisiensi pertumbuhan tanaman dan mendukung pertanian berkelanjutan (Martiningsih dkk., 2021). Selain itu, *urban farming* yang didukung oleh teknologi pencahayaan ini tidak hanya berkontribusi pada ketersediaan pangan, tetapi juga berperan dalam memperbaiki kualitas lingkungan dan memberikan nilai ekonomi bagi masyarakat.

Universitas Telkom Surabaya merupakan perguruan tinggi swasta di kota besar Surabaya yang mengembangkan metode *urban farming* di area *rooftop* kampus. Konsep ini tidak hanya mendukung keberlanjutan lingkungan tetapi juga memberikan ruang untuk eksperimen dalam menggabungkan teknologi dengan *urban farming*. Teknologi *light emitting diode*, sebuah inovasi lampu LED yang dirancang khusus untuk meningkatkan hasil pertanian dalam kondisi terbatas, seperti ruang terbuka di atas gedung, menanam berbagai jenis tanaman. Penggunaan *light emitting diode* dalam *urban farming* meningkatkan efisiensi energi dan memaksimalkan pemanfaatan ruang. Pemilihan daya (Watt) yang tepat untuk cahaya buatan menjadi faktor kunci dalam penggunaan lampu sebagai sumber pencahayaan untuk mendukung pertumbuhan tanaman di dalam ruangan, seperti yang diungkapkan oleh Mukhlis (2011). Hal tersebut dikarenakan lampu LED (*Led Emitting Diode*) tidak menghasilkan suhu tinggi dan dapat digunakan sebagai alternatif untuk memenuhi kebutuhan fotosintesis tanaman.



Gambar 1.4 Alur Diagram Sistem

Sumber : Chintya Tribhuana (2023)

Gambar 1.4 menunjukkan alur diagram sistem dari teknologi *light emitting diode* yang ada di Universitas Telkom Surabaya. Dengan memanfaatkan teknologi inovatif untuk mendukung pertumbuhan tanaman dalam *urban farming*, *rooftop* kampus Universitas Telkom Surabaya telah dioptimalkan sebagai ruang *urban farming*. Salah satu teknologi yang diterapkan adalah penggunaan lampu LED berwarna merah, putih, dan biru, yang dirancang khusus untuk meningkatkan pencahayaan tanaman (Tribhuana, 2023). Lampu LED dengan kombinasi warna ini memiliki spektrum cahaya yang dapat merangsang fotosintesis secara efektif, yang dapat mempercepat pertumbuhan tanaman dan meningkatkan hasil pertanian di ruang terbatas. Teknologi ini digunakan di *rooftop* Universitas Telkom Surabaya, mendukung konsep *urban farming* yang ramah lingkungan. Namun, teknologi *light emitting diode* masih berada pada Tingkat Kesiapterapan Teknologi (TKT) level 6, yang berarti teknologi ini berhasil dalam lingkungan uji coba, tetapi belum diproduksi secara massal seperti pada Tingkat Kesiapterapan Teknologi (TKT) level 7. Sebuah penelitian yang dianalisa oleh M. A. Hossain *et al.* 2020 menjelaskan mengenai penerapan teknologi *urban farming*, seperti sistem pencahayaan yang efisien, dapat meningkatkan produktivitas dan profitabilitas

pertanian. Oleh karena itu, diperlukannya transisi dari TKT level 6 ke level 7 (Hossain *et al.*, 2020). Maka dibutuhkan analisis kelayakan ekonomi terhadap teknologi *light emitting diode* untuk menilai potensi keuntungan finansial dan keberlanjutan investasi. Meskipun teknologi LED menawarkan efisiensi energi yang tinggi, biaya investasi awal yang besar memerlukan evaluasi mendalam terkait pengembalian modal. Melalui metode *capital budgeting* seperti *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate of Return* (IRR), dan *Payback Period*, analisis ini dapat mengukur kelayakan proyek dengan memperhitungkan biaya investasi, operasional, dan proyeksi pendapatan. Dengan demikian, teknologi *Light Emitting Diode* (LED) memiliki potensi untuk diproduksi secara massal dan beralih transisi dari TKT level 6 menuju TKT level 7.

Merujuk pada data Kemenristekdikti (2016), teknologi merupakan cara, metode, proses, atau produk yang dihasilkan melalui penerapan dan pemanfaatan berbagai disiplin ilmu pengetahuan, yang memiliki nilai guna dalam memenuhi kebutuhan serta meningkatkan kualitas hidup manusia (UU 18/2002). Tingkat Kesiapterapan Teknologi (TKT) adalah indikator yang digunakan untuk mengukur sejauh mana kematangan atau kesiapan suatu teknologi, yang diukur secara sistematis dengan tujuan agar teknologi tersebut dapat diterima dan diadopsi oleh pengguna, seperti pemerintah, industri, atau masyarakat. TKT menggambarkan tahap kematangan teknologi dalam skala 1 hingga 9, dengan setiap tingkat saling berkaitan dan menjadi acuan untuk menentukan tingkat kesiapan teknologi tersebut. Menurut Badan Riset dan Inovasi Nasional pengukuran TKT membantu menentukan tingkat kematangan teknologi sehingga langkah-langkah berikutnya direncanakan sampai teknologi tersebut siap untuk digunakan masyarakat.



Gambar 1.5 *Technology Readiness Level*
 Sumber: Wind Harvest (2021)

Gambar 1.5 merupakan tingkat kesiapterapan teknologi dari level 1 hingga 9. Berdasarkan Peraturan Menteri Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi RI No. 42 TAHUN 2016 tentang Pengukuran dan Penetapan Tingkat Kesiapterapan Teknologi (*Technology Readiness Level*) level 1 menggambarkan prinsip dasar teknologi yang telah diteliti dan dilaporkan. Level 2 mencakup formulasi konsep atau aplikasi konsep tersebut, sementara level 3 adalah pembuktian konsep fungsi atau karakteristik penting baik secara analitis maupun eksperimental. Pada level 4, dilakukan validasi komponen atau sub-sistem dalam lingkungan laboratorium, sedangkan level 5 adalah validasi dalam lingkungan yang relevan. Level 6 menunjukkan demonstrasi model atau prototipe sistem/sub-sistem dalam lingkungan yang relevan, sementara level 7 mengacu pada demonstrasi prototipe sistem dalam kondisi nyata. Level 8 menunjukkan bahwa sistem telah lengkap dan andal setelah pengujian serta demonstrasi dalam lingkungan nyata, dan level 9 adalah bukti keberhasilan pengoperasian sistem yang telah teruji.

Saat ini, teknologi *Light Emitting Diode* (LED) untuk kebutuhan *urban farming* yang dikembangkan oleh Telkom University Surabaya telah berada pada Tingkat Kesiapterapan Teknologi (TKT) level 6, sesuai dengan standar DIKTI e-Rispro. Artinya, teknologi ini telah teruji dengan akurasi tinggi pada simulasi lingkungan operasional, dibuktikan layak secara teknis (*engineering feasibility*), dan memiliki draft awal analisis kelayakan ekonomi. Dengan kata lain, dari sisi

teknis, prototipe LED ini sudah terbukti dapat bekerja sesuai rancangan dan telah melalui pengujian dalam kondisi lingkungan yang relevan. Namun, untuk dapat melangkah ke tahap selanjutnya, yaitu TKT level 7, dibutuhkan proses yang lebih kompleks dan menyeluruh. Dalam standar TKT 7, terdapat enam indikator yang harus dipenuhi, di antaranya adalah pengujian teknologi di lingkungan operasional sesungguhnya, pelaksanaan uji multi lokasi, pembuktian bahwa performa teknologi stabil, validasi bahwa teknologi layak secara teknologi, identifikasi kebutuhan investasi produksi, serta yang paling penting adalah tersusunnya analisis kelayakan ekonomi yang lengkap dan tervalidasi dalam kondisi nyata. Oleh karena itu, analisis kelayakan ekonomi menjadi tahap krusial yang tidak bisa dilewati, karena merupakan syarat utama untuk menggeser posisi teknologi dari TKT 6 menuju TKT 7. Hal ini juga sejalan dengan pedoman dari DIKTI e-Rispro dan kebijakan pembiayaan riset dari Kementerian Keuangan, yang menekankan bahwa teknologi yang akan masuk tahap komersialisasi harus didukung oleh studi kelayakan ekonomi yang komprehensif. Maka, penelitian ini dilakukan untuk menyusun dan memvalidasi analisis kelayakan ekonomi teknologi LED, yang meliputi aspek teknis, pasar, dan ekonomi, sebagai dasar pengambilan keputusan untuk produksi massal dan implementasi komersial.

Everett Rogers (2003) membuat teori adopsi inovasi yang menjelaskan bahwa banyak hal memengaruhi adopsi teknologi baru, seperti *light emitting diode*. Dalam konteks ini, *light emitting diode* menawarkan keuntungan relatif yang signifikan dalam hal efisiensi energi dan peningkatan hasil pertanian, yang mungkin mendorong adopsi di kalangan petani kota. Selanjutnya, Teori Kelayakan Ekonomi yang diuraikan oleh Boardman dkk. (2018) menekankan betapa pentingnya melakukan analisis biaya-manfaat saat menilai investasi teknologi. Dengan melakukan analisis ini, kami dapat menemukan kemungkinan penghematan biaya operasional dan peningkatan pendapatan dari penggunaan *light emitting diode*, yang mendukung keputusan kami untuk menggunakan teknologi ini. Dengan menerapkan berbagai teori ini, analisis kelayakan ekonomi teknologi *light emitting diode* akan memberikan gambaran yang lebih jelas tentang potensi manfaatnya dan memperkuat alasan untuk meningkatkan TKT dari level 6 ke level 7. Hal ini

diharapkan mendukung *urban farming* yang lebih efisien di perkotaan. Sementara itu, aspek kelayakan lainnya seperti analisis hukum dan lingkungan belum menjadi bagian yang wajib dalam transisi dari TKT 6 ke TKT 7, menurut standar e-Rispro. Fokus pada tahap ini lebih diarahkan pada validasi performa teknologi di berbagai lokasi uji, identifikasi kebutuhan investasi, serta uji kelayakan ekonomi. Evaluasi terhadap aspek hukum dan lingkungan umumnya dilakukan pada jenjang pengembangan berikutnya, seperti TKT 8 ke atas, ketika teknologi telah masuk ke tahap produksi skala besar dan memerlukan penilaian lebih lanjut mengenai keberlanjutan dan kepatuhan hukum. Oleh karena itu, analisis kelayakan ekonomi menjadi pendekatan yang paling tepat untuk digunakan dalam konteks penelitian ini.

Dalam penelitian ini, untuk menganalisis potensi keberhasilan adopsi teknologi *light emitting diode* untuk meningkatkan TKT dari level 6 ke level 7, terdapat beberapa pendekatan metodologis yang umum digunakan dalam menganalisis atau memahami faktor-faktor yang mempengaruhi keberhasilan adopsi teknologi *light emitting diode*. Berbagai pendekatan metodologi yang digunakan untuk menentukan apakah teknologi *light emitting diode* layak diterapkan mencakup kelayakan teknis, kelayakan pasar, dan kelayakan ekonomi (Lilis Sulastri, 2016). Pendekatan pertama adalah analisis kelayakan teknis yang menganalisis proses pengembangan proyek teknis dan operasinya (Prasetya, Nugraha, & Arijanto, 2013). Beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam menilai kelayakan teknis dan teknologi menurut Suliyanto (2010) adalah sebagai berikut: (a) Pemilihan lokasi bisnis, (b) Penentuan area produksi, (c) Pemilihan mesin, peralatan, dan teknologi yang sesuai, serta (d) Penataan *layout* pabrik dan bangunan. Pendekatan berikutnya adalah analisis kelayakan pasar, yang memfokuskan pada segmen pasar tertentu dan proyeksi permintaan produk di masa depan. Hal ini melibatkan pemahaman tentang kebutuhan konsumen, tren preferensi, serta inovasi produk yang dapat meningkatkan penerimaan pasar. Selain itu, identifikasi hambatan, seperti persaingan dengan kompetitor industri, memberikan gambaran mengenai tantangan yang mungkin dihadapi dan langkah-

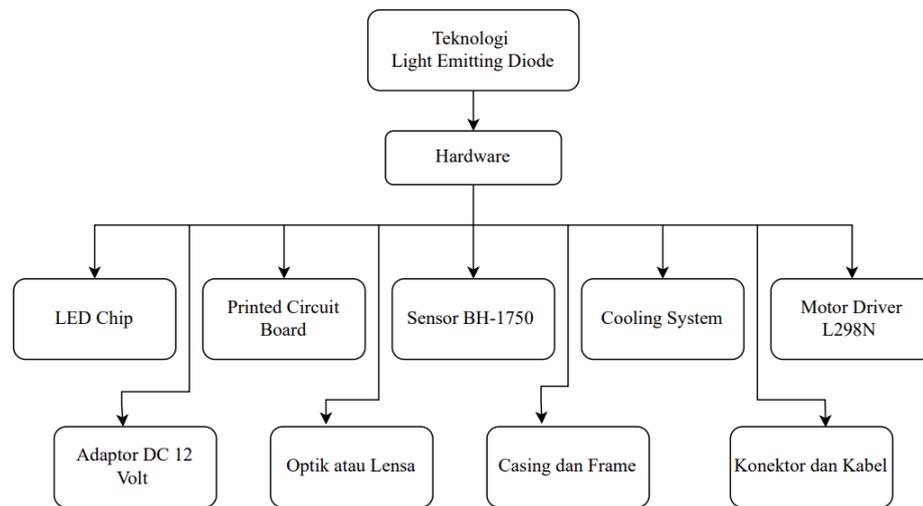
langkah yang diperlukan untuk tetap bersaing dengan efektif (Afiyah dkk., 2015). Pendekatan ketiga yaitu analisis kelayakan ekonomi adalah tinjauan investasi dari sudut pandang pemerintah atau masyarakat yang merasakan manfaat dari suatu proyek. Analisis kelayakan ekonomi adalah proses evaluasi yang digunakan untuk menentukan apakah suatu proyek atau investasi layak secara finansial dan ekonomis (Kasmir & Jakfar, 2012).

Namun, dalam konteks penelitian mengenai teknologi *light emitting diode*, pendekatan yang paling tepat untuk digunakan adalah analisis kelayakan ekonomi. Hal ini disebabkan karena teknologi *light emitting diode*, sebagai inovasi baru, memerlukan evaluasi yang komprehensif terkait dengan aspek biaya dan manfaat yang diharapkan. Analisis kelayakan ekonomi dapat memberikan gambaran yang jelas mengenai potensi keuntungan finansial dan dampak ekonomi dari implementasi teknologi ini, yang sangat penting untuk pengambilan keputusan investasi. Dengan menggunakan analisis kelayakan ekonomi, Universitas Telkom Surabaya dapat mengidentifikasi berbagai parameter kunci atau metode *capital budgeting* yang terdiri dari *Net Present Value (NPV)*, *Internal Rate of Return (IRR)*, *Payback Period (PP)*, dan Analisis Sensitivitas yang diperlukan pada teknologi *light emitting diode*. Metode ini dapat mendukung penilaian mengenai apakah investasi dalam teknologi *light emitting diode* akan memberikan hasil yang menguntungkan dalam jangka panjang. *Capital budgeting* merupakan proses perencanaan pengeluaran dana, dengan harapan bahwa pengembalian investasi dapat tercapai dalam kurun waktu satu tahun (Hery, 2015). Metode *NPV* diterapkan untuk menilai suatu proyek berdasarkan arus kas yang dihasilkan. *IRR* adalah tingkat bunga yang membuat nilai *NPV* proyek menjadi nol, atau tingkat bunga yang membuat rasio biaya dan manfaat (*BCR*) sama dengan 1. Sementara itu, *Payback Period (PP)* mengukur waktu yang diperlukan untuk melunasi biaya investasi melalui manfaat bersih yang dihasilkan dari proyek, atau periode di mana manfaat bersih yang diperoleh menyamai total biaya investasi yang telah dikeluarkan (Oetomo, 2023). Terakhir, analisis sensitivitas dilakukan secara sistematis untuk mengevaluasi dan menguji bagaimana perubahan dalam suatu kelayakan ekonomi dipengaruhi oleh situasi yang berbeda dari asumsi awal,

khususnya terkait daya saing (Wulandari, 2021).

Selain itu, pendekatan analisis kelayakan ekonomi dalam penelitian ini juga mempertimbangkan aspek teknis dan pasar dengan menggunakan metode *Bill of Materials* serta metode *Market Sizing* yang meliputi analisis *Total Addressable Market (TAM)*, *Serviceable Available Market (SAM)*, dan *Serviceable Obtainable Market (SOM)*. Metode *Bill of Materials* adalah beberapa gambaran atau definisi dari produk yang terdiri dari *item*, bahan, atau material yang digunakan untuk membuat suatu produk atau material. Istilah BOM sering disingkat menjadi "*Bill of Materials*". Metode ini sangat krusial dalam proses produksi, karena tanpa adanya metode BOM, ada kekhawatiran bahwa produk yang dihasilkan tidak akan memenuhi kebutuhan yang diinginkan, sehingga dapat menurunkan nilai produk tersebut. Biasanya, metode BOM mencakup bahan baku yang digunakan untuk memproduksi barang tersebut (Sari dkk., 2018). *Market sizing* merupakan proses untuk memperkirakan potensi pasar suatu produk atau layanan secara komprehensif, yang terdiri dari tiga komponen utama. Komponen pertama adalah *Total Addressable Market (TAM)*, yang mencakup total permintaan pasar tanpa mempertimbangkan batasan tertentu. Selanjutnya, terdapat *Serviceable Available Market (SAM)*, yang menggambarkan bagian TAM yang dapat dijangkau oleh perusahaan berdasarkan segmen pasar yang relevan. Terakhir, *Serviceable Obtainable Market (SOM)* mengacu pada bagian SAM yang realistis untuk dicapai perusahaan dalam waktu dekat, dengan mempertimbangkan kapasitas produksi, distribusi, dan strategi pemasaran. Dalam penelitian ini, metode *market sizing* digunakan untuk mengukur potensi pasar teknologi *Light Emitting Diode (LED)* di Indonesia dengan pendekatan *Total Addressable Market (TAM)*, *Serviceable Available Market (SAM)*, dan *Serviceable Obtainable Market (SOM)*. TAM menghitung total ukuran pasar potensial berdasarkan jumlah pengguna teknologi LED tanpa mempertimbangkan batasan daya beli atau segmen spesifik. Selanjutnya, SAM mempersempit cakupan dengan mempertimbangkan segmen pasar yang relevan, seperti pelaku *urban farming*, serta daya beli masyarakat di wilayah ini. SOM fokus pada bagian pasar yang realistis untuk dijangkau

berdasarkan kapasitas produksi, distribusi, dan strategi pemasaran perusahaan. Pendekatan metode *market sizing* dengan *Total Addressable Market (TAM)*, *Serviceable Available Market (SAM)*, dan *Serviceable Obtainable Market (SOM)* membantu menentukan harga jual yang sesuai dengan daya beli pasar dan proyeksi volume produksi yang efisien, memastikan kelayakan ekonomi produk di pasar Indonesia.



Gambar 1.6 *Bill of Material* Teknologi LED
 Sumber : Data yang telah diolah (2025)

Gambar 1.6 merupakan *Bill of Material (BOM)* dari teknologi *Light Emitting Diode (LED)*, yang memuat daftar lengkap komponen dan material penting yang digunakan dalam proses produksi secara rinci dan sistematis. BOM ini berfungsi sebagai panduan utama untuk memastikan ketersediaan dan integrasi semua elemen yang diperlukan di setiap tahapan produksi, mulai dari perencanaan hingga penyelesaian produk akhir. Selain membantu pengelolaan inventaris secara efisien dan pengendalian biaya produksi, BOM juga menjamin konsistensi kualitas produk agar sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Lebih dari itu, BOM mempermudah koordinasi antar tim produksi dan mendorong pengoptimalan penggunaan material untuk mengurangi pemborosan. Dengan informasi yang terstruktur dalam BOM, perusahaan memiliki peluang untuk melakukan inovasi dalam desain dan pengadaan komponen, yang pada akhirnya meningkatkan efisiensi operasional. Keberadaan BOM menjadi faktor penting dalam

meningkatkan kelayakan ekonomi teknologi LED di pasar, memberikan dasar strategis yang kuat untuk pengambilan keputusan dalam manufaktur, sekaligus meningkatkan daya saing produk. Dengan BOM yang terstruktur, proses produksi dapat lebih efisien dan terkontrol.

Tabel 1.1 Komponen Penyusunan Teknologi LED

No	Nama Alat	Gambar	Jumlah Komponen
1	LED Chip		50-100 LED Chip
2	PCB (Printed Circuit Board)		1
3	Sensor BH-1750		1
4	Cooling System		1
5	Motor Driver L298N		1
6	Adaptor DC 12 Volt		1
7	Optik atau Lensa		1
8	Casing dan Frame		1
9	Konektor dan Kabel		1

Sumber : Data yang telah diolah (2025)

Tabel 1.1 merupakan alat dan jumlah komponen teknologi LED yang digunakan dalam proses produksi. Adanya *Bill of Material* (BOM) dalam penelitian analisis kelayakan ekonomi teknologi LED sangat penting karena memberikan gambaran rinci mengenai komponen-komponen yang diperlukan dalam proses produksi. BOM membantu mengidentifikasi biaya material yang akan mempengaruhi total biaya produksi, yang merupakan salah satu faktor utama dalam analisis kelayakan ekonomi. Selain itu, BOM juga berfungsi untuk mengevaluasi

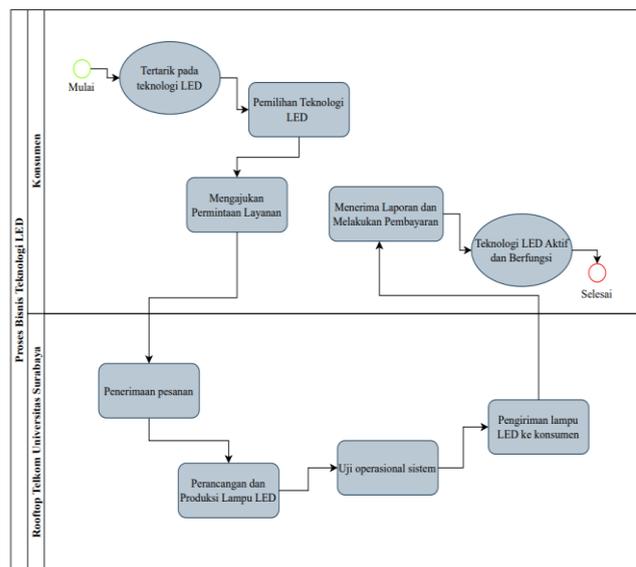
efisiensi penggunaan sumber daya, sehingga dapat meningkatkan profitabilitas dan daya saing produk LED di pasar. Dengan demikian, BOM menjadi dasar yang mendukung analisis kelayakan ekonomi untuk memastikan produk LED dapat diproduksi secara optimal dan menguntungkan.

Analisis kelayakan ekonomi pada teknologi *light emitting diode* untuk *urban farming* di University Telkom Surabaya sangat penting untuk mengatasi tantangan pencahayaan yang dihadapi oleh sistem pertanian vertikal. Tujuan dari analisis ini adalah untuk menilai kelayakan bisnis teknologi *light emitting diode* dengan menggunakan metode *NPV*, *IRR*, *PP*, serta analisis sensitivitas. Melalui metode-metode yang telah diuraikan, penelitian ini bertujuan memberikan wawasan yang mendalam kepada pihak yang terlibat dalam pengambilan keputusan, serta memberikan dasar yang kuat bagi rencana pengembangan teknologi *light emitting diode* ke arah produksi massal. triangulasi

Hasil analisis diharapkan dapat memberikan gambaran yang jelas mengenai potensi keuntungan dan keberlanjutan teknologi ini di pasar. Selain itu, dalam mendukung agenda pembangunan berkelanjutan (SDG), teknologi *Light Emitting Diode* diharapkan dapat meningkatkan produktivitas urban farming secara berkelanjutan, mengurangi ketergantungan pada sinar matahari alami, dan mendukung program ketahanan pangan perkotaan yang ramah lingkungan. Penelitian ini juga menggabungkan metode *Bill of Material* (BOM) untuk analisis biaya produksi dan *Market Sizing*, yang mencakup analisis *Total Addressable Market* (TAM), *Serviceable Available Market* (SAM), dan *Serviceable Obtainable Market* (SOM). Dengan pendekatan ini, diharapkan dapat memberikan wawasan yang lebih mendalam mengenai ukuran pasar yang dapat dijangkau, serta estimasi volume penjualan yang realistis. Metode tersebut akan mendukung pengambilan keputusan yang lebih akurat dalam proses komersialisasi teknologi *Light Emitting Diode*.

Saat ini, untuk menentukan batas-batas kelayakan ekonomi teknologi *Light Emitting Diode* (LED), belum dilakukan perhitungan secara mendalam menggunakan metode *capital budgeting* yang meliputi *NPV* (*Net Present Value*), *IRR* (*Internal Rate of Return*), dan *Payback Period*. Maka, untuk kondisi saat ini,

perhitungan tersebut belum dilakukan karena akan menjadi *output* dalam penelitian ini, yang akan memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai kelayakan ekonomi teknologi LED setelah analisis lebih lanjut dilakukan. Sedangkan, perhitungan *capital budgeting* ideal mencakup NPV, IRR, *Payback Period*, serta analisis sensitivitas. NPV menghitung nilai sekarang dari arus kas masa depan; jika $NPV > 0$, investasi layak, dan jika < 0 , investasi tidak layak. IRR menentukan tingkat pengembalian yang menghasilkan NPV nol, dengan investasi layak jika $IRR \geq \text{Minimum Attractive Rate of Return (MARR)}$. *Payback Period* mengukur waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan investasi awal; semakin cepat, semakin baik. Analisis sensitivitas mengevaluasi dampak perubahan faktor-faktor seperti biaya, bunga, dan harga jual terhadap kelayakan investasi.



Gambar 1.7 Proses Bisnis Teknologi LED
 Sumber : Data yang telah diolah (2025)

Gambar 1.7 merupakan proses bisnis dari teknologi *light emitting diode*, proses bisnis adalah serangkaian aktivitas yang mengubah *input* menjadi *output*. (Diawati, 2017). Pada teknologi LED, proses bisnis sangat penting untuk memastikan setiap tahap pengembangan, produksi, dan distribusi berjalan secara efisien dan terkoordinasi. Proses bisnis teknologi LED dalam mendukung *urban farming* dimulai ketika konsumen tertarik pada teknologi LED yang dapat ditemukan melalui berbagai saluran seperti media sosial atau *e-commerce*, yang

kemudian membuat konsumen memilih produk LED yang sesuai dengan kebutuhan konsumen dan mengajukan permintaan teknologi LED. Setelah itu, pesanan yang diterima oleh pihak *Rooftop* Telkom Universitas Surabaya akan dilanjutkan dengan tahap perancangan dan produksi lampu LED yang disesuaikan dengan spesifikasi yang diinginkan. Setelah melalui uji operasional untuk memastikan kualitas dan kinerja lampu, produk tersebut dikirimkan kepada konsumen. Begitu produk diterima, konsumen akan diberikan laporan terkait penggunaan serta kinerja teknologi tersebut, kemudian melakukan pembayaran sesuai dengan kesepakatan. Akhirnya, teknologi LED mulai berfungsi secara optimal dalam mendukung kelancaran dan keberhasilan kegiatan *urban farming* yang dijalankan oleh konsumen.

Penelitian ini sangat penting dilakukan karena teknologi *Light Emitting Diode* (LED) memiliki potensi besar dalam mendukung praktik *urban farming* yang efisien dan berkelanjutan, terutama di wilayah perkotaan yang terbatas pencahayaan alaminya. Dengan meningkatnya kebutuhan pangan di kota-kota besar serta menyempitnya lahan pertanian, teknologi pencahayaan buatan yang hemat energi seperti LED menjadi solusi strategis untuk mendukung ketahanan pangan. Meskipun teknologi ini telah mencapai Tingkat Kesiapan Teknologi (TKT) level 6, peningkatan ke TKT 7 dan implementasi komersial tidak dapat dilakukan tanpa landasan studi kelayakan yang kuat. Studi kelayakan ekonomi diperlukan untuk memastikan bahwa teknologi ini tidak hanya layak dari sisi teknis, tetapi juga secara pasar dan ekonomi terutama dalam hal daya saing, permintaan pasar, serta proyeksi keuntungan dan risiko.

Kebutuhan studi kelayakan menjadi semakin penting karena hasilnya akan menjadi dasar pengambilan keputusan bagi berbagai pihak, termasuk institusi akademik, pemerintah, maupun calon investor. Tanpa kajian kelayakan yang komprehensif, proses komersialisasi berisiko mengalami kegagalan karena minimnya informasi terkait aspek ekonomi yang krusial. Oleh karena itu, penelitian ini berfungsi sebagai validasi akhir sebelum teknologi masuk ke tahap produksi dan distribusi massal. Menurut laporan *Food and Agriculture Organization* (2020),

urban farming dapat memperkuat ketahanan pangan, dan adopsi teknologi seperti LED akan sangat terbantu dengan adanya pembuktian kelayakan ekonomi. Selain itu, *Global Impact Investing Network* (2020) menyebutkan bahwa teknologi yang terbukti layak secara ekonomi dan berdampak sosial cenderung lebih menarik bagi investor dan lembaga pendanaan. Dengan demikian, studi ini diharapkan menjadi jembatan antara inovasi teknologi dan keberhasilan komersialisasi.

1.3 Rumusan Masalah

Di era saat ini, teknologi terus berkembang untuk menyelesaikan berbagai masalah di berbagai bidang, termasuk pertanian. Teknologi *light emitting diode* adalah salah satu inovasi baru yang bertujuan untuk mendukung *urban farming* dengan menggunakan pencahayaan LED khusus untuk meningkatkan produksi tanaman perkotaan. Namun, sebelum diterapkan secara luas, perlu dilakukan analisis kelayakan ekonomi. Berdasarkan data sebelumnya, masalah penelitian berikut terkait teknologi *light emitting diode* perlu diteliti lebih lanjut:

1. Bagaimana menentukan komponen biaya produksi massal yang terdiri dari investasi awal, biaya operasional, dan Harga Pokok Produksi (*HPP*) teknologi *light emitting diode* dengan menggunakan metode *Bill of Materials (BOM)* ?
2. Bagaimana menemukan harga jual dan volume produksi yang ideal untuk teknologi *light emitting diode* dengan menggunakan metode *market Sizing* yang mencakup *Total Addressable Market (TAM)*, *Serviceable Available Market (SAM)*, dan *Serviceable Obtainable Market (SOM)* ?
3. Bagaimana menentukan batas-batas kelayakan ekonomi teknologi *light emitting diode* dengan menggunakan metode *capital budgeting* yang terdiri *NPV*, *IRR*, *Payback Period* dan analisis sensitivitas ?

1.4 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui biaya produksi massal teknologi *light emitting diode* menggunakan metode *Bill of Materials* yang terdiri dari investasi awal, biaya operasional, dan Harga Pokok Produksi (*HPP*).

2. Untuk menentukan harga jual dan volume produksi yang ideal teknologi *light emitting diode* dengan menggunakan metode *market Sizing* yang mencakup *Total Addressable Market (TAM)*, *Serviceable Available Market (SAM)*, dan *Serviceable Obtainable Market (SOM)*.
3. Untuk menentukan batas-batas kelayakan ekonomi teknologi *light emitting diode* dengan menggunakan metode *capital budgeting* yang terdiri *NPV*, *IRR*, *Payback Period* serta analisis sensitivitas.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi yang berarti, baik dalam aspek praktis maupun akademis, dengan manfaat sebagai berikut:

1. Manfaat penelitian secara praktis, penelitian ini berperan penting dalam membantu industri dan pengambil kebijakan dalam mengembangkan teknologi *light emitting diode* untuk *urban farming*. Hasil penelitian ini memberikan panduan dalam menentukan biaya, harga jual, dan jumlah produksi yang tepat, serta dapat dijadikan bahan pertimbangan investasi untuk teknologi *light emitting diode*. Dengan demikian, penelitian ini mendukung keberlanjutan *urban farming* serta ketahanan pangan di perkotaan.
2. Manfaat penelitian secara akademis, penelitian ini menjadi sarana penerapan teori yang telah dipelajari di program studi Bisnis Digital Universitas Telkom. Selain memperluas wawasan tentang analisis kelayakan ekonomi, penelitian ini melatih kemampuan analisis dan berpikir sistematis dalam teknologi inovatif. Hasilnya diharapkan dapat memperkaya pengetahuan di bidang teknologi dan inovasi dan bisnis digital, khususnya terkait penggunaan teknologi *light emitting diode* dalam *urban farming*. Temuan ini juga dapat menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya dan memberikan wawasan baru bagi perkembangan bisnis dan teknologi yang berkelanjutan.

1.6 Batasan Penelitian

Pada sub bab ini akan dijelaskan tentang batasan pada penelitian yang akan dilaksanakan. Adapun batasan dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Analisis kelayakan ekonomi dalam penelitian ini terbatas pada pengukuran *Net Present Value (NPV)*, *Internal Rate of Return (IRR)*, *Payback Period (PP)*, dan Analisis Sensitivitas serta metode *Bill of Material* dan metode *market sizing*.
2. Data permintaan target pasar untuk teknologi *light emitting diode* dalam *urban farming* didasarkan pada data yang selama lima tahun.
3. Penelitian ini tidak secara rinci membahas aspek legal dan peraturan yang berkaitan dengan penggunaan teknologi LED pada *urban farming*, seperti ketentuan tentang pencahayaan buatan, izin operasional dari pemerintah daerah, maupun standar efisiensi energi nasional. Fokus utama penelitian diarahkan pada pemenuhan indikator Tingkat Kesiapan Teknologi (TKT) level 7, sesuai dengan panduan DIKTI e-Rispro, yang menitikberatkan pada pengujian teknologi di kondisi riil, kelayakan teknis, serta analisis kelayakan ekonomi secara menyeluruh, tanpa mensyaratkan evaluasi hukum secara spesifik.
4. Kajian ini tidak memasukkan analisis terhadap kelayakan lingkungan dari proses produksi massal teknologi *light emitting diode*, seperti penanganan limbah, potensi emisi karbon, maupun implikasinya terhadap aspek keberlanjutan. Pengecualian terhadap aspek tersebut didasarkan pada ketentuan TKT level 6 ke 7 menurut pedoman DIKTI e-Rispro, yang belum menjadikan evaluasi lingkungan sebagai indikator prioritas. Fokus dalam tahap ini diarahkan pada pengujian teknologi dalam kondisi operasional sebenarnya, identifikasi kebutuhan investasi, serta penyusunan analisis kelayakan ekonomi yang komprehensif dan tervalidasi. Penilaian lingkungan baru akan menjadi penting pada tahap pengembangan lanjutan, khususnya ketika teknologi ini ditingkatkan ke TKT level 8 ke atas, atau ketika akan diproduksi secara luas dan memerlukan studi dampak lingkungan yang lebih mendalam.

1.7 Asumsi Penelitian

Pada penelitian ini memiliki asumsi yang digunakan untuk memberikan dasar

yang kuat dalam penelitian. Asumsi-asumsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Inflasi diperkirakan sebesar 4,02% per tahun (Badan Pusat Statistik, 2024).
2. Pajak Penghasilan (*PPh*) Final untuk UMKM ditetapkan sebesar 0,50% dari *omzet* (Direktorat Jenderal Pajak, 2018).
3. Kenaikan Upah Minimum Provinsi (UMP) diperkirakan sebesar 5,19% per tahun (Detik, 2023).
4. Iuran BPJS kesehatan ditetapkan sebesar 5% dari gaji (Peraturan Presiden, 2020).
5. Total remunerasi akan diberikan sebanyak 13 kali dalam setahun (*KPPN*, 2024).
6. Beban pemasaran diperkirakan sebesar 10,1% dari *omzet* (Gartner, 2022).
7. Margin keuntungan 49%, margin industri elektronik 20–50% (Smith et al., 2023)
8. Pertumbuhan Penjualan 10%
9. Obligasi Pemerintah (ORI27) 6.75% (Andriani, 2025).

1.8 Sistematika Penulisan

Sistematika penelitian ini menjelaskan mengenai alur dalam penulisan penelitian. Adapun sistematika dalam penelitian ini sebagai berikut:

a. BAB I PENDAHULUAN

BAB I menjelaskan secara ringkas tentang permasalahan dan latar belakang penelitian teknologi *Light Emitting Diode* (LED). Bab ini mencakup Gambaran Umum Objek Penelitian yang memberikan konteks tentang teknologi yang diteliti. Latar belakang menjelaskan urgensi penelitian, sementara rumusan masalah, tujuan, dan manfaat menunjukkan fokus serta kontribusinya. Batasan, asumsi, dan sistematika penulisan memperjelas ruang lingkup dan alur tugas akhir.

b. BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada BAB II memuat penjelasan tentang penelitian terdahulu yang berkaitan dengan analisis kelayakan sebagai acuan untuk penelitian ini. Selain itu, bagian ini juga membahas objek penelitian, yaitu teknologi *light emitting diode*, serta teori-teori dasar yang mendukung penelitian.

c. BAB III METODE PENELITIAN

Pada BAB III, akan dijelaskan secara rinci mengenai metode yang digunakan untuk memperoleh data dalam penelitian ini. Bab ini mencakup penjabaran tentang berbagai *tools* atau alat yang akan digunakan untuk mengelola, menganalisis, dan memproses data, serta bagaimana teknik-teknik tersebut diterapkan. Selain itu, bab ini juga akan membahas lokasi dan waktu pelaksanaan penelitian, yang menjadi faktor penting dalam menentukan validitas dan relevansi hasil yang diperoleh.

d. BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada BAB IV, akan dijelaskan proses pengumpulan dan pengolahan data yang diperlukan dalam penelitian ini. Bab ini mencakup langkah-langkah pengumpulan data serta metode yang digunakan untuk memastikan keakuratan dan validitas data. Selanjutnya, akan dibahas proses analisis data untuk mengolah informasi yang telah dikumpulkan. Hasil analisis data akan disajikan untuk menjawab pertanyaan penelitian yang telah diajukan. Bab ini bertujuan untuk memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang temuan yang diperoleh.

e. BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada BAB V akan disajikan kesimpulan yang dirangkum dari keseluruhan hasil penelitian yang telah dilaksanakan, sebagai bentuk akhir dari proses analisis yang dilakukan pada bab-bab sebelumnya. Bab ini juga memuat ringkasan temuan-temuan utama yang secara langsung menjawab tujuan penelitian yang telah ditetapkan di awal. Selain itu, bagian ini akan menyampaikan sejumlah saran yang diharapkan dapat memberikan masukan bermanfaat bagi penelitian selanjutnya. Penyajian kesimpulan dan saran ini dimaksudkan untuk memberikan arah dan pijakan yang lebih jelas dalam pengembangan topik serupa di masa yang akan datang.