

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Permasalahan limbah elektronik (*e-waste*) merupakan persoalan kompleks yang tengah dihadapi oleh masyarakat saat ini. Permasalahan ini mengalami perubahan jumlah yang signifikan setiap tahunnya. Pada tahun 2019, Indonesia menghasilkan 1,6 Mt *e-waste*, yang menjadikan Indonesia termasuk dalam sepuluh negara penghasil *e-waste* terbanyak di dunia (Mulyani dkk., 2023). Pada tahun 2030, diperkirakan *e-waste* dapat mencapai 74 Mt yang akan terus bertambah hingga mencapai 110 Mt pada tahun 2050 (Balde dkk., 2022). Kota Makassar sebagai kota terbesar kelima di Indonesia setelah Jakarta, Surabaya, Bandung, dan Medan membuat pembangunan sarana dan prasarana Kota Makassar yang meningkat di berbagai sektor telah memberi dampak pada kuantitas masalah persampahan (Sutiawati dkk., 2021). Menurut penelitian Utami (2023), total potensi *e-waste* di Kota Makassar mencapai 5.651,2 ton per tahun dengan persentase jenis limbah terbanyak yaitu televisi sebesar 100 persen, ponsel 99,7 persen, dan kipas 93,2 persen. Masyarakat di Kota Makassar mengelola *e-waste* dengan cara 40 persendisimpan, 33 persendijual, 20 persen diperbaiki, 4 persen dibuang, dan hanya 3 persen yang didaur ulang.

Perkembangan pesat teknologi merupakan faktor pendukung kondisi kemegahan dan kemewahan hidup masyarakat urban di Kota Makassar dalam pemanfaatan fasilitas digital dan teknologi (Paskori dkk., 2023). Perilaku membeli

yang baru dan membuang yang lama adalah pola yang sering terjadi dan justru merugikan baik dari aspek lingkungan hidup maupun aspek ekonomi konsumen itu sendiri. Indonesia masih cukup tertinggal dalam hal pengelolaan *e-waste* dibandingkan dengan negara-negara Asia Tenggara lainnya, seperti Malaysia dan Singapura. Hanya sekian persen *e-waste* yang dikelola dengan benar dan memiliki izin di Indonesia (Shad dkk., 2020). Sementara, *e-waste* di Indonesia termasuk dalam kategori limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) seperti bahan baku logam berat yang ada pada baterai dan LCD sehingga membutuhkan izin khusus untuk menanganinya sesuai dengan ketentuan peraturan UU No. 18 Tahun 2008 dan PP No. 22 Tahun 2021 (Djafar dkk., 2023). Jika tidak dikelola dengan benar, maka akan berdampak buruk pada lingkungan hidup dan dapat mengganggu kesehatan masyarakat sekitar, seperti dampak alergi, gagal ginjal, hingga kanker (Pratiwi, 2020).

Sejumlah proyek implementasi penanganan *e-waste* di Makassar yang digagas pemerintah seperti pembentukan "*ekosistem sandbox*" bersama Save the Children pada 2023, penyiapan 10 titik pusat pengumpulan limbah elektronik lewat kolaborasi *Circular Geniuses* pada 2024, serta *Waste-to-Energy* melalui PSEL ternyata belum sepenuhnya efektif. Studi oleh Walhi Sulsel terhadap PSEL menunjukkan bahwa teknologi pembakaran sampah rentan menghasilkan polusi udara dan belum mampu menjalankan pembakaran organik-plastik secara andal. Data resmi mengungkap potensi timbulan *e-waste* hingga 5.651,2 ton per tahun di Makassar, tapi hanya sekitar 3 persen yang berhasil diolah melalui sistem daur ulang formal, sisanya masih disimpan atau dibuang sembarangan. Evaluasi akademik terhadap keberlanjutan

Bank Sampah di Kelurahan Rappocini juga mencatat kelemahan mendasar berupa minimnya pendampingan pemerintah, infrastruktur tidak memadai, dan kurangnya sosialisasi yang menyebabkan rendahnya partisipasi masyarakat serta penurunan aktivitas pemilahan. Studi oleh Sutiawati et al. (2021) menegaskan bahwa meskipun Bank Sampah memberikan manfaat sosial-ekonomi dan peningkatan kesadaran lingkungan, efektivitasnya tetap terbatas oleh peran UPTD Bank Sampah yang belum optimal dalam monitoring & evaluasi, serta sinergi antar kewenangan lembaga. Lebih lanjut, riset Fitri Wulandari (2014) di Pelita Harapan menyoroiti bahwa walau cakupan pengguna Bank Sampah ideal, kelembagaan serta evaluasi oleh pemerintah lokal masih lemah menyebabkan keberlanjutan program terus terancam. Dengan demikian, meski sudah tersedia kebijakan dan fasilitas pengelolaan *e-waste*, bukti empiris menunjukkan bahwa efektivitas program masih rendah karena keterbatasan teknologi, infrastruktur, pendanaan, peran kelembagaan, dan *engagement* masyarakat menjadi penanda bahwa strategi tersebut belum berjalan secara optimal dan belum mampu menangani masalah *e-waste* secara menyeluruh dan berkelanjutan.

Kondisi ini semakin relevan jika dikaitkan dengan tantangan lingkungan dan pembangunan berkelanjutan di Indonesia secara lebih luas. Penelitian oleh Yunus, Mubarak, dan Yunus (2023) mengenai *Climate Change and Cyclical Unemployment in Indonesia* menunjukkan bahwa perubahan iklim tidak hanya menimbulkan risiko ekologis, tetapi juga berdampak terhadap instabilitas ekonomi melalui meningkatnya pengangguran siklis. Hal ini menegaskan bahwa isu lingkungan seperti *e-waste* tidak

dapat dipandang semata sebagai persoalan teknis, tetapi juga memiliki implikasi makroekonomi yang serius. Dampak lingkungan yang tidak terkelola, termasuk e-waste, berpotensi memperparah kerentanan sosial-ekonomi masyarakat, terutama ketika dikaitkan dengan dinamika pasar tenaga kerja yang semakin rentan akibat krisis lingkungan dan iklim.

Salah satu solusi yang dapat diterapkan untuk menanggulangi permasalahan e-waste tersebut adalah dengan menerapkan prinsip *Circular Economy* berbasis 9R (*refuse, rethink, reduce, reuse/repurpose, repair, refurbish, remanufacture, recycle, and recover*). Ekonomi sirkular berfokus pada tujuan berkelanjutan mengenai tingkat produksi dan konsumsi secara bertanggung jawab (Kristanto dan Nadapdap, 2021). Jika prinsip ini diterapkan, maka tidak hanya lingkungan hidup yang terjaga, melainkan manusia juga mendapatkan manfaat dari penerapan tersebut. Di Kota Makassar, prinsip ekonomi sirkular dilakukan dengan metode bank sampah yang diatur dalam Perwali Kota Makassar No. 126 Tahun 2016 dan Perwali Kota Makassar No. 36 Tahun 2018 berdasarkan pada Permen LH No. 13 Tahun 2012. Penelitian oleh Sutiawati dkk. (2021) menunjukkan bahwa penerapan Bank Sampah di Kelurahan Bakung, Kota Makassar memberikan dampak positif bagi lingkungan, sosial maupun ekonomi masyarakat.

Penelitian oleh Fatmawati dkk. (2019), Bank Sampah di Kota Makassar masih menerapkan prinsip ekonomi sirkular 3R (*reduce, reuse, recyle*), yang mana hal tersebut dinilai belum cukup maksimal untuk menjadi solusi dari permasalahan e-

waste yang cukup banyak dan kian bertambah tiap tahunnya. Ekonomi sirkular 9R kemudian dianggap mampu dalam penanganan *e-waste* yang lebih berkelanjutan (Oktarini dkk., 2023). Prinsip 9R juga memiliki biaya dan manfaat dari segi ekonomi, lingkungan, dan sosial jika diterapkan pada barang elektronik tersebut, sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Hilmiawan dan Pratiwi (2023). Selain memiliki tanggungjawab untuk ketiga aspek tersebut, bagi pihak perusahaan elektronik juga bisa mendapatkan manfaatnya melalui potensi penghematan bahan baku dan energi melalui 9R.

Dari sudut pandang ekonomi lingkungan, permasalahan *e-waste* dapat dianalisis menggunakan teori *externalities* atau eksternalitas. *E-waste* menciptakan eksternalitas negatif karena dampaknya terhadap lingkungan dan kesehatan masyarakat tidak tercermin dalam harga barang elektronik yang dikonsumsi. Dalam hal ini, kegagalan pasar terjadi ketika pelaku ekonomi (konsumen maupun produsen) tidak menanggung seluruh biaya sosial dari konsumsi dan produksi elektronik. Oleh karena itu, diperlukan campur tangan pemerintah melalui kebijakan regulasi, subsidi, atau pajak Pigovian untuk menginternalisasi eksternalitas tersebut. Selain itu, teori *tragedy of the commons* juga relevan, karena lingkungan hidup sebagai sumber daya bersama cenderung dieksploitasi secara berlebihan tanpa ada mekanisme kontrol yang efektif. Dalam konteks pengelolaan *e-waste*, pendekatan *Extended Producer Responsibility (EPR)* yang juga dikenal dalam ekonomi kelembagaan modern, dapat mendorong produsen bertanggung jawab atas siklus hidup produk mereka, termasuk fase pembuangan. Di sisi lain, prinsip ekonomi perilaku (*behavioral economics*) juga

berperan dalam menjelaskan mengapa masyarakat masih cenderung menyimpan atau membuang *e-waste* secara tidak bertanggung jawab, salah satunya karena *bounded rationality* dan *present bias*, yaitu kecenderungan untuk mengabaikan dampak jangka panjang demi kemudahan jangka pendek.

Berdasarkan sejumlah penelitian di atas, dapat disimpulkan bahwa prinsip ekonomi sirkular 9R memiliki potensi dalam penerapan *sustainable resolving* untuk menekan tingginya angka *e-waste* khususnya di Kota Makassar. Hal inipun sejalan dengan rancangan proyek pemerintah yakni pemerintah telah menetapkan peta jalan *Circular Economy* dalam dokumen Circular Economy Roadmap and National Action Plan 2025–2045 yang diluncurkan oleh Bappenas, di mana sektor elektronik menjadi salah satu sektor prioritas untuk implementasi CE di Indonesia. Visi ini juga sejalan dengan Rencana Pembangunan Jangka Panjang Nasional (RPJPN) 2025–2045 yang menekankan transisi menuju ekonomi hijau dan pembangunan rendah karbon.

Dengan kata lain, penelitian ini tidak hanya relevan pada level lokal, tetapi juga kontributif terhadap agenda pembangunan nasional. Melalui pendekatan *Cost and Benefit Analysis* (CBA), penelitian ini akan memberikan dasar empiris yang kuat untuk menilai kelayakan dan dampak ekonomi, sosial, dan lingkungan dari penerapan proyek circular economy berbasis 9R. Pendekatan ini penting untuk menjawab keraguan sebagian pemangku kepentingan terhadap efisiensi ekonomi dari penerapan prinsip-prinsip keberlanjutan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Bagaimanakah pendekatan *Cost Benefit Analysis* dalam mengungkap ketidakefektifan siklus penanganan *e-waste* di Kota Makassar?
2. Bagaimanakah desain implementasi proyek strategis yang dapat mengakomodir *circular economy* 9R sebagai *problem solving* dalam siklus penanganan *e-waste* di Kota Makassar?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah diatas, maka tujuan dari penelitian ini yaitu :

1. Untuk menganalisis pendekatan *Cost Benefit Analysis* dalam mengungkap ketidakefektifan siklus penanganan *e-waste* di Kota Makassar?
2. Untuk memetakan desain implementasi proyek strategis yang dapat mengakomodir *circular economy* 9R sebagai *problem solving* dalam siklus penanganan *e-waste* di Kota Makassar?

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Dapat digunakan untuk pengembangan Ilmu Ekonomi berbasis ekologi yang diharapkan memberikan sumbangsih pengetahuan dan referensi mengenai

urgensi penerapan ekonomi sirkular 9R melalui pendekatan *Cost Benefit Analysis* secara maksimal sebagai solusi utama penanggulangan pencemaran *e-waste*.

2. Dapat digunakan untuk mengedukasi dan memberikan kesadaran kepada tiap pihak guna melestarikan lingkungan.
3. Dapat digunakan sebagai salah satu bahan referensi bagi peneliti selanjutnya yang akan meneliti mengenai hal yang berkaitan dan relevan dengan penelitian ini.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

2.1.1 Teori Eksternalitas

Teori eksternalitas pertama kali dikembangkan oleh Alfred Marshall yang menjadi bagian penting dalam teori ekonomi kesejahteraan, pada awal abad ke-20, tepatnya dalam bukunya *Principles of Economics* yang diterbitkan pada tahun 1890. Namun konsep tersebut diperdalam dan dijadikan dasar dalam kerangka ekonomi kesejahteraan oleh Arthur Cecil Pigou dalam karyanya *The Economics of Welfare* di tahun 1920. Pigou merumuskan eksternalitas sebagai situasi di mana aktivitas ekonomi seperti produksi atau konsumsi menimbulkan dampak terhadap pihak ketiga yang tidak tercermin dalam harga pasar, karena pelaku utama tidak membayar atau menerima kompensasi atas konsekuensinya. Pigou membedakan antara eksternalitas positif dan negatif.

Eksternalitas negatif terjadi ketika aktivitas ekonomi menimbulkan biaya sosial yang lebih besar daripada biaya privat yang ditanggung oleh pelaku aktivitas. Contohnya adalah polusi dari pabrik, kebisingan lalu lintas, atau limbah industri. Dalam kasus seperti ini, pelaku aktivitas tidak menanggung seluruh dampak dari tindakannya, sehingga mereka cenderung melakukan aktivitas tersebut secara berlebihan dari tingkat yang optimal secara sosial. Sebaliknya, eksternalitas positif terjadi ketika suatu aktivitas memberikan manfaat kepada pihak lain, namun manfaat

tersebut tidak tercermin dalam insentif ekonomi bagi pelaku, seperti dalam kasus vaksinasi atau pendidikan.

Untuk memperbaiki distorsi pasar ini, Pigou mengajukan solusi fiskal berupa Pajak Pigouvian yakni pajak yang besarnya disesuaikan dengan jumlah tambahan biaya sosial yang ditimbulkan oleh setiap unit produksi atau konsumsi. Dengan demikian, pajak ini akan menyamakan biaya privat dengan biaya sosial dan mengembalikan keseimbangan efisiensi yakni kondisi Pareto optimal . Pigou juga mencatat bahwa mekanisme ini lebih efisien dibandingkan regulasi langsung (*command-and-control*) karena sektor privat masih memiliki fleksibilitas dalam menyesuaikan produksi sesuai sinyal harga.

Seiring perkembangan studi ekonomi lingkungan pada era 1960-an, tokoh seperti Allen Kneese, Thomas Crocker, dan John Dales mengadaptasi prinsip Pigouvian ini dalam bentuk pajak pencemaran (*effluent charges*) dan sistem perdagangan emisi (*cap-and-trade*), menjadikannya landasan penting bagi kebijakan pengendalian polusi modern. Studi oleh H. Spencer Banzhaf (2020) menegaskan bahwa meskipun ide Pigou sempat melemah di tengah abad ke-20, pada akhirnya dikembalikan dan disesuaikan dalam kebijakan lingkungan yang lebih praktikal.

Secara teoretis, dasar utama teori eksternalitas Pigou mencakup beberapa poin utama: Perbedaan antara Biaya Privat dan Biaya Sosial, tanpa intervensi, pasar cenderung mengabaikan biaya sosial dari aktivitas ekonomi. Distorsi Alokasi Sumber Daya, kegagalan menginternalisasi eksternalitas negatif menyebabkan overproduksi atau overkonsumsi barang berbahaya. Efisiensi Pasar vs. Intervensi Pemerintah,

pigou menyatakan bahwa pajak yang tepat dapat memperbaiki alokasi tanpa menggosur dinamika pasar, asalkan disesuaikan besaran dengan biaya sosial marginal. Dasar Kebijakan Ekonomi Lingkungan, pemikiran Pigou menjadi pijakan normatif bagi kebijakan berbasis market-based instruments, termasuk pajak, subsidi, dan perdagangan emisi.

Tidak kalah penting, kajian teori oleh Coase melalui *The Problem of Social Cost* (1960) memperkenalkan pandangan alternatif berbasis hak properti dan negosiasi bilateral tetapi satu hal yang jelas: baik teori Pigou maupun Coase sama-sama menekankan bahwa eksternalitas menimbulkan *market failure*, sehingga tanpa bentuk intervensi tertentu, efisiensi sosial tidak akan tercapai. Dari aspek historis dan konseptual, teori eksternalitas Pigou memiliki relevansi fundamental karena: Memberikan justifikasi analitis dan fiskal bagi intervensi publik untuk menangani polusi atau limbah. Menyediakan kerangka kuantitatif (melalui Pajak Pigouvian) untuk mengukur dan memasukkan biaya sosial ke dalam harga pasar. Menjadi dasar bagi kebijakan modern seperti *cap-and-trade* dan subsidi berbasis manfaat sosial tertentu.

2.1.2 Model *Circular Economy* 9R

Model *Circular Economy* 9R memperluas paradigma ekonomi linear dan 3R klasik (*Reduce-Reuse-Recycle*) menjadi kerangka berjenjang yang komprehensif. Konsep ini pertama kali diperkenalkan oleh Walter R. Stahel dan Geneviève Reday dalam laporan tahun 1976 ("*The Potential for Substituting Manpower for Energy*") dan dipublikasikan pada 1982 sebagai *The Product Life Factor*. Dia menekankan pentingnya perpanjangan masa pakai produk, penggantian material dengan tenaga

manusia, hingga munculnya gagasan “*performance economy*” di mana produk dijual sebagai layanan bukan sebagai barang sekali pakai. Kemudian pada akhir 1980-an dan 1990-an, ekonom seperti Kenneth Boulding, David Pearce, dan R. Kerry Turner mengembangkan kerangka ekonomi sumber daya alami yang menempatkan lingkungan sebagai faktor integral dalam sistem ekonomi, menyarankan ekonomi tertutup “*closed-loop economy*”.

Closed-loop economy juga sekarang dikenal sebagai ekonomi sirkular (*circular economy*) adalah konsep yang muncul yang bertujuan untuk memaksimalkan efisiensi sumber daya dan meminimalkan limbah melalui daur ulang dan penggunaan kembali (Korobkina & Nebesnaya, 2024). Model ini berupaya untuk mengatasi tantangan global seperti perubahan iklim, penipisan sumber daya, dan polusi lingkungan (Horbal et al., 2021). Ini mewakili pergeseran dari model produksi linier ke sistem sirkular yang terinspirasi oleh ekosistem biologis (Brennan et al., 2015).

Pada tahap awal, strategi *Refuse* (R0) menekankan penghapusan kebutuhan bahan baku dan limbah dari desain produk menghindari pembuatan produk sama sekali bila ada alternatif non-material. *Rethink* (R1) mengajak inovasi model bisnis, seperti berbagi aset atau produk sebagai jasa (*product-as-a-service*), sehingga penggunaan produk menjadi lebih intensif. Berikutnya, *Reduce* (R2) bertujuan mengurangi input energi dan material secara langsung melalui desain efisiensi, teknologi rendah bahan baku, atau rantai pasok lokal.

Tahap berikutnya yang berfokus pada perpanjangan umur produk terdiri dari *Reuse* (R3) yakni memperpanjang penggunaan barang oleh konsumen lain setelah

masa pakai awal; *Repair* (R4) yakni memperbaiki kerusakan untuk mempertahankan fungsionalitas; *Refurbish* (R5) yakni memperbarui dan memperhalus produk lama agar mendekati kondisi baru; *Remanufacture* (R6): mendaur ulang komponen untuk menghasilkan produk berkualitas setara baru; dan *Repurpose* (R7): mengalihkan fungsi produk atau komponennya untuk tujuan baru. Tahap perpanjangan siklus ini sangat penting karena memperpanjang masa pakai aset dan menurunkan kebutuhan ekstraksi bahan baru.

Strategi terakhir dalam 9R adalah *Recycle* (R8) dan *Recover* (R9). *Recycle* mengolah limbah untuk menjadi bahan baku sekunder meskipun kualitasnya bisa menurun sementara *Recover* mengonversi limbah menjadi energi apabila semua opsi sebelumnya sudah habis. *Recover* biasanya dianggap solusi terakhir karena melibatkan pembakaran yang hanya mengurangi sebagian potensi nilai material. Kerangka ini bersifat hirarkis, di mana tindakan di R0–R2 dianggap paling bernilai karena menghindari konsumsi dan degradasi material sejak awal. Sementara, R3–R7 menjaga nilainya dengan memperpanjang eksistensi produk dan komponennya. R8 dan R9 adalah pilihan paling akhir jika opsi lain tidak memungkinkan, memastikan bahwa “sisa” limbah tetap dimanfaatkan. Model ini konsisten dengan studi seperti *Target for a Circular Economy* serta laporan evaluasi dampak sektor kesehatan dan tekstil, yang menegaskan bahwa fokus awal pada refuse, rethink, dan reuse meminimalkan dampak lingkungan dan biaya.

Secara praktis, implementasi 9R memerlukan sinergi antara desain produk dan model bisnis baru, infrastruktur logistik terbalik (*reverse logistics*), dukungan regulasi, dan kesadaran konsumen. Contohnya, model *product-as-a-service*

memerlukan sistem pengembalian dan pemeliharaan, sementara remanufacturing memerlukan fasilitas khusus dan jaminan kualitas, seperti remanufaktur komponen otomotif yang mampu menghemat hingga 80 persen energi dibanding produksi baru. Di banyak industri, seperti tekstil dan kesehatan, studi menunjukkan bahwa fokus berkelanjutan pada R0–R7 secara signifikan mengurangi jejak ekologis ketimbang hanya mengandalkan daur ulang atau energi dari limbah .

2.1.3 Teori *Extended Producer Responsibility* (EPR)

Konsep *Extended Producer Responsibility* (EPR) diciptakan oleh profesor asal Swedia Thomas Lindhqvist pada tahun 1990 melalui laporan kepada Kementerian Lingkungan Hidup Swedia, yang kemudian diperluas dalam berbagai publikasi akademis antara 1990-2000. Lindhqvist mendefinisikan EPR sebagai strategi kebijakan lingkungan yang memperluas tanggung jawab produsen terhadap produk mereka hingga tahap akhir daur hidupnya, melibatkan pengambilan kembali (*take-back*), daur ulang, dan pembuangan akhir secara aman (Lindhqvist, 2000).

Pendekatan ini mengambil prinsip klasik *polluter pays*, di mana produsen tidak lagi terbebas dari beban fiskal pasca-konsumsi produk yang mereka hasilkan, tetapi justru didorong untuk meminimalkan dampak lingkungan dan meningkatkan desain produk yang ramah lingkungan. Sejak adopsi awal oleh Jerman melalui Packaging Ordinance 1991, yang mengarah pada pembentukan sistem pengumpulan paket Dual System Deutschland (DSD), EPR telah berkembang dari regulasi kemasan ke sektor lain seperti kendaraan berakhir usia, baterai, dan elektronik membentuk kerangka regulasi global yang kini diterapkan di banyak negara OECD dan berkembang. OECD merumuskan pedoman EPR secara resmi pada 2001, kemudian

diperbarui pada 2016, memperluas cakupan keadilan dan efisiensi yang ditekankan oleh Lindhqvist.

Secara fungsional, EPR dapat diwariskan dalam dua skema utama: tanggung jawab fisik, di mana produsen secara langsung melakukan pengumpulan dan pengolahan; dan tanggung jawab ekonomi, di mana produsen membayar biaya ke organisasi pengelola kolektif (*Producer Responsibility Organization*) untuk mengambil alih kegiatan *take-back* dan daur ulang. Hal ini membalik beban pengelolaan dari pemerintah lokal atau publik menjadi beban produsen, memberi insentif kuat untuk inovasi dalam desain produk agar lebih mudah dibongkar, dipulihkan, dan didaur ulang. Studi empiris yang mengkaji implementasi EPR pada elektronik menunjukkan bahwa kebijakan ini mampu memperbaiki pengelolaan e-waste, walau dengan hambatan seperti struktur kelembagaan dan kepatuhan pasar. Sebagai contoh, penelitian Gupt & Sahay (2015) serta Zheng et al. (2017) menemukan bahwa regulasi yang kuat adalah penggerak utama keberhasilan EPR, baik di Jepang maupun Kanada, sementara pemulihan sumber daya (*resource recovery*) paling efektif di Jepang dan efisiensi biaya paling dominan di Kanada. Studi lintas negara seperti yang dilakukan oleh Rubio et al. (2019) pada sistem kemasan di Spanyol dan Portugal, menggunakan pendekatan *difference-in-differences*, juga mengonfirmasi EPR mampu mengurangi limbah dan meningkatkan tingkat daur ulang signifikan.

Selain itu, tinjauan sistematis oleh Moraga et al. (2019) dan Campbell-Johnston et al. (2021) menjelaskan bahwa, ketika dikombinasikan dengan ekonomi sirkular, EPR harus menggabungkan tanggung jawab fisik, finansial, dan informatif yakni informasi tentang dampak lingkungan, pelaporan daur ulang, inspeksi fisik

produk, serta pertanggungjawaban biaya pengelolaan pasca-konsumsi untuk mencapai hasil optimal. Namun, tantangannya meliputi fragmentasi standar, tingginya biaya transaksi, dan kebutuhan penegakan hukum konsisten, yang menuntut desain kebijakan yang adaptif dan terintegrasi.

2.1.4 Teori *Behavioral Economics*

Teori Ekonomi Perilaku (*Behavioral Economics*) muncul sebagai respons terhadap asumsi ekonomi neoklasik yang menganggap perilaku manusia selalu rasional, mengoptimalkan utilitas dengan informasi sempurna. Perintis utama teori ini adalah Daniel Kahneman dan Amos Tversky, yang pada tahun 1979 memperkenalkan *Prospect Theory*, sebuah model yang menjelaskan bahwa individu menilai keuntungan dan kerugian relatif terhadap titik referensi (*reference point*) dan bersikap *loss-averse* bahwa kerugian dirasakan lebih intens ketimbang keuntungan sebanding (Kahneman & Tversky, 1979). Mereka juga menjelaskan bahwa individu tidak mengukur probabilitas secara objektif, tetapi menekankan pada *cumulative weighting* terhadap probabilitas ekstrem. Selain itu, Richard Thaler mengembangkan teori ini lebih lanjut melalui konsep seperti *endowment effect* (nilai berlebih atas sesuatu yang sudah dimiliki), *status quo bias*, dan *mental accounting*, diperkaya dalam karya seperti *Toward a Positive Theory of Consumer Choice* (1980) dan *Misbehaving* (2015).

Pokok penting dari ekonomi perilaku dapat diringkas dalam beberapa prinsip utama: (1) keterbatasan kognitif, terbatasnya kemampuan pemrosesan informasi; (2) bias referensi dan framing, cara penyajian masalah mempengaruhi keputusan; (3) present bias, preferensi untuk keuntungan jangka pendek, bukan masa depan; (4)

preferensi sosial seperti keadilan dan reputasi; serta (5) heuristik umum, misalnya anchoring, confirmation bias, dan *loss aversion*. Herbert Simon juga berkontribusi melalui konsep *bounded rationality*, yang menjelaskan bahwa manusia membuat keputusan yang memadai daripada optimal, karena keterbatasan informasi dan kemampuan pemrosesan .

Secara eksperimental, banyak penelitian menunjukkan pola perilaku yang sistematis dan prediktabel semisal *loss aversion* yang diuji Kahneman, Knetsch, dan Thaler (1990), di mana individu mempertahankan barang lebih tinggi harganya daripada yang bersedia dibayar pembeli; fenomena ini menjelaskan mengapa penjual lebih enggan melepas barang daripada pembeli rela membayar. Selain itu, penelitian tentang *hyperbolic discounting* memperlihatkan bahwa orang sering menunda keputusan masa depan, menciptakan masalah seperti menabung rendah dan konsumsi impulsif. Terdapat pula bukti empiris besar-besaran terhadap teori prospect di pasar keuangan daring: Liu et al. (2014) menganalisis 28 juta transaksi trader online dan menemukan indikasi kuat perilaku *loss aversion*.

Aplikasi teori perilaku juga terlihat melalui konsep *nudge* yang dikembangkan oleh Thaler dan Sunstein, di mana penyusunan pilihan atau *choice architecture* dapat secara halus mempengaruhi keputusan tanpa menghilangkan kebebasan contohnya: peningkatan tabungan melalui program "*Save More Tomorrow*". Hal ini menunjukkan bahwa intervensi yang mempertimbangkan bias kognitif dapat memperbaiki hasil sosial secara signifikan.

2.1.5 Cost and Benefit Analysis (CBA)

Cost Benefit Analysis (CBA) pertama kali diperkenalkan oleh insinyur Prancis Arsène-Jules-Étienne Juvénal Dupuit pada 1844 untuk analisis proyek infrastruktur publik, dan dipopulerkan dalam perundangan Amerika Serikat sejak Flood Control Act 1936, yang menetapkan prinsip bahwa manfaat sosial dari proyek harus melebihi biayanya. CBA menghitung semua biaya dan manfaat baik langsung maupun tidak langsung sepanjang siklus hidup suatu kebijakan atau proyek, dan menilai apakah manfaat total (*present value*) melebihi biaya total. CBA merupakan salah satu instrumen ekonomi yang diterima secara luas sebagai alat pendukung pengambilan keputusan yang rasional dan sistematis (Yushanata dan Bakri, 2021).

CBA adalah metodologi yang bertujuan untuk memilih proyek dan kebijakan yang efisien dalam hal penggunaan sumber daya. CBA merupakan teknik yang paling umum digunakan untuk menghitung biaya (*cost*) dan manfaat (*benefit*) (Putra dkk., 2020). Studi empiris menunjukkan keberhasilan CBA dalam evaluasi proyek besar: misalnya, Morimoto (2007) menerapkan CBA probabilistik untuk proyek bendungan di Malaysia, Nepal, dan Turki, menghasilkan hasil variatif: NPV positif untuk Sharada-Babai (Nepal), sementara negatif untuk Bakun (Malaysia) dan Ilisu (Turki), serta sensitivitas tinggi terhadap tingkat diskonto. Di sektor infrastruktur air ramah lingkungan, Garcia-Herrero et al. (2023) menilai constructed wetlands di Italia, dan menemukan BCR >1—bahkan mencapai 10–5 saat memasukkan jasa ekosistem non-market menegaskan bahwa infrastruktur hijau memberi manfaat lebih besar dari biaya.

Berikut adalah persamaan dari *net cost* (jumlah biaya) dan *net benefit* (jumlah keuntungan):

$$Net\ Cost = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + \dots + C_n$$

$$Net\ Benefit = B_1 + B_2 + B_3 + B_4 + \dots + B_n$$

C : Biaya yang dikeluarkan dari satu komponen.

B : Keuntungan yang didapat dari satu komponen

n : Banyaknya komponen yang dimiliki

Lebih lanjut untuk memperkuat menilai kelayakan proyek secara ekonomi, digunakan analisis yang lebih mendalam yakni, *Internal Rate of Return* (IRR). IRR merupakan tingkat diskonto yang membuat nilai kini bersih atau *Net Present Value* (NPV) suatu proyek sama dengan nol. Secara sederhana, IRR adalah estimasi tingkat pengembalian internal dari suatu investasi berdasarkan proyeksi arus kas yang dihasilkan.

2.1.6 Electronic Waste

The United Nations Environment Program (UNEP) mengklasifikasikan *e-waste* yakni komputer, peralatan elektronik kantor, perangkat elektronik hiburan, telepon genggam, televisi, dan lemari es yang telah dibuang. Klasifikasi ini juga digunakan terhadap barang elektronik yang dimaksudkan untuk digunakan kembali (*reuse*), dijual kembali (*resale*), diselamatkan (*salvage*), didaur ulang (*recycling*), atau dibuang (*disposal*). *E-waste* merupakan salah satu limbah yang terbuat dari bahan berbahaya, sehingga termasuk Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) dengan zat konsentrasinya yang apabila ditumpuk begitu saja dapat mengganggu kesehatan dan mencemari lingkungan (Sari dkk., 2021). Salah satu bahan dasar barang elektronik yang termasuk

ke dalam limbah B3 adalah logam berat, yaitu unsur timbal (Pb), cadmium (Cd), merkuri (Hg), besi (Fe) (Dhanti dkk., 2022). Unsur-unsur tersebut biasa ditemui pada batu baterai, LCD, dan papan sirkuit. Di Indonesia, regulasi mengenai *e-waste* diatur dalam UU No. 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah, PP No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, PP No. 27 Tahun 2020 tentang Pengelolaan Sampah Spesifik.

E-waste dinilai sangat berbahaya dikarenakan dapat mencemari tanah, air, dan udara, serta menimbulkan gangguan kesehatan seperti gangguan pernapasan, kerusakan saraf, kanker, dan gangguan perkembangan anak (Forti dkk., 2020; Ilankoon dkk., 2022; Huo dkk., 2007; Caravanos dkk., 2011). Sebagai contoh, di lokasi informal seperti Agbogbloshie (Ghana), pekerja terutama anak-anak terpapar timbal dalam kadar sangat tinggi (rata-rata BLL 0,42–0,81 mg/dl) hingga 77,7 persen populasi terkena gangguan ginjal dan kadar timbal di tanah naik lebih dari dua kali lipat, yang menegaskan bahaya signifikan terhadap kesehatan masyarakat di sekitar situs pemrosesan informal (Caravanos dkk., 2011; Nriagu dkk., 2024; WHO, 2023). Studi lain di Tiongkok (Guiyu) dan Afrika mengonfirmasi bahwa teknik informal seperti pembakaran kabel dan pelarutan dengan asam menyebabkan pencemaran air dan tanah berat (Huo dkk., 2007; Samarasekera dkk., 2010). Sebaliknya, peran *e-waste* sebagai “tambang perkotaan” terbukti signifikan: nilai bahan yang dapat dipulihkan mencapai US\$10 miliar secara formal, dan penanganan logam seperti besi, aluminium, serta tembaga dapat mengurangi emisi sekitar 15 Mt CO₂ yang setara dengan pengurangan emisi dari penggunaan bahan baru (Forti dkk., 2020).

Namun, tingginya kompleksitas material dan biaya pengumpulan membuat hanya sebagian kecil e-waste yang dikelola secara benar, sehingga persoalan limbah elektronik harus dilihat sebagai tantangan multi-dimensiyakni ekonomi, lingkungan, dan kesehatan yang memerlukan solusi struktural seperti desain produk yang dapat diperbaiki, layanan perbaikan, serta sistem daur ulang dan regulasi formal yang memadai (Wired, 2024; Forti dkk., 2020).

2.2 Studi Empiris

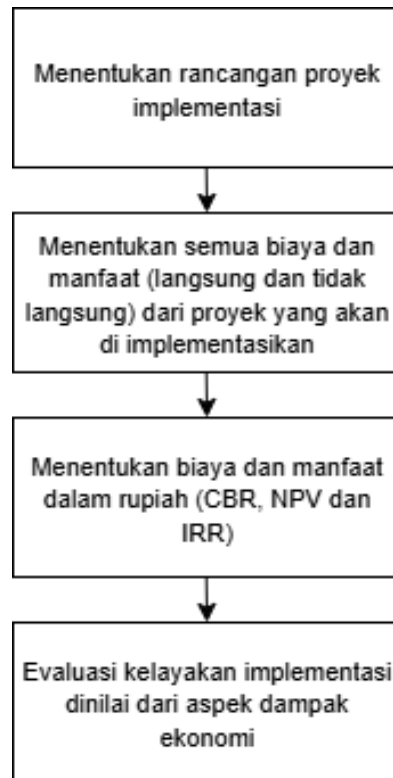
Penelitian yang dilakukan Shad dkk. (2020) membahas mengenai perbandingan komprehensif mengenai pengelolaan *e-waste* dari ketiga negara yakni Singapura, Malaysia, dan Indonesia, seperti kebijakan berbeda yang diterapkan masing-masing negara tersebut. Kemudian penelitian oleh Kristanto dan Nadapdap (2021) berfokus pada model kebijakan yang ditawarkan dalam implementasi ekonomi sirkular di Kota Bengkulu. Oktarini dkk. (2023) dalam penelitiannya menawarkan insentif pajak yang dapat diterapkan oleh pemerintah guna mendorong praktik berkelanjutan dan pengelolaan *e-waste* yang efektif, yang memberikan manfaat keuangan dan keuntungan kompetitif bagi perusahaan dan sinergi antara ekonomi sirkular dan insentif pajak akan mendukung pencapaian ekonomi hijau. Penelitian yang dilakukan oleh Hilmiawan dan Pratiwi (2023) berfokus pada biaya dan manfaat dalam konteks ekonomi sirkular yang berhasil menjelaskan tiga makna dari pencerminan realitas pengelolaan sampah di desa.

Penelitian oleh Damayanti dkk. (2021) mengemukakan bahwa di Kota Surabaya terdapat kendala dalam penegakan hukum administrasi oleh Dinas Lingkungan Hidup Kota Surabaya untuk perusahaan penghasil *e-waste* yang tidak menjalankan

kewajiban tersebut berdasarkan peraturan yang berlaku. Penelitian ini kemudian disusun untuk menghitung biaya dan manfaat melalui pendekatan CBA yang dapat menjadi solusi dari ketidakefektifan dan kekosongan hukum regulasi *e-waste* tersebut, sehingga hasil yang diperoleh dari pendekatan tersebut dapat membentuk desain regulasi yang lebih mengakomodir sirkular ekonomi 9R pada siklus *e-waste* di Kota Makassar secara lebih menyeluruh dan spesifik. Maka, baik dari pemerintah, perusahaan, maupun masyarakat dapat memperoleh biaya dan manfaat dari pengelolaan *e-waste* tersebut.

2.3 Kerangka Pikir

Kerangka pemikiran dalam penelitian ini menggambarkan keterkaitan antara konsep ekonomi sirkular, pengelolaan limbah elektronik (*e-waste*), dan pendekatan evaluasi kelayakan proyek berbasis *Cost and Benefit Analysis* (CBA) dalam konteks implementasi kebijakan pengelolaan *e-waste* di Kota Makassar. Penelitian ini didasarkan pada teori eksternalitas dan prinsip *Extended Producer Responsibility* (EPR), serta mempertimbangkan pendekatan analitis seperti *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate of Return* (IRR), *Extended NPV* (XNPV), dan *Extended IRR* (XIRR) dalam menilai efisiensi dan kelayakan proyek dari segi biaya dan manfaat. Kerangka ini berangkat dari premis bahwa pengelolaan *e-waste* yang tidak efektif dapat menimbulkan dampak negatif yang signifikan terhadap lingkungan, sosial, dan kesehatan masyarakat, sehingga diperlukan upaya terstruktur untuk memetakan rancangan proyek, mengidentifikasi biaya dan manfaat baik langsung maupun tidak langsung, serta melakukan evaluasi secara menyeluruh dengan pendekatan ekonomi. Kerangka pikir dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 1. Kerangka Pikir

Sumber: Rahmiyati, A. L. (2019)

2.4 Hipotesis

1. Diduga bahwa terjadi ketidakefektifan siklus penanganan *e-waste* di Kota Makassar.
2. Diduga bahwa terdapat proyek strategis yang dapat mengakomodir *circular economy* 9R sebagai *problem solving* dalam siklus penanganan *e-waste* di Kota Makassar.