

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

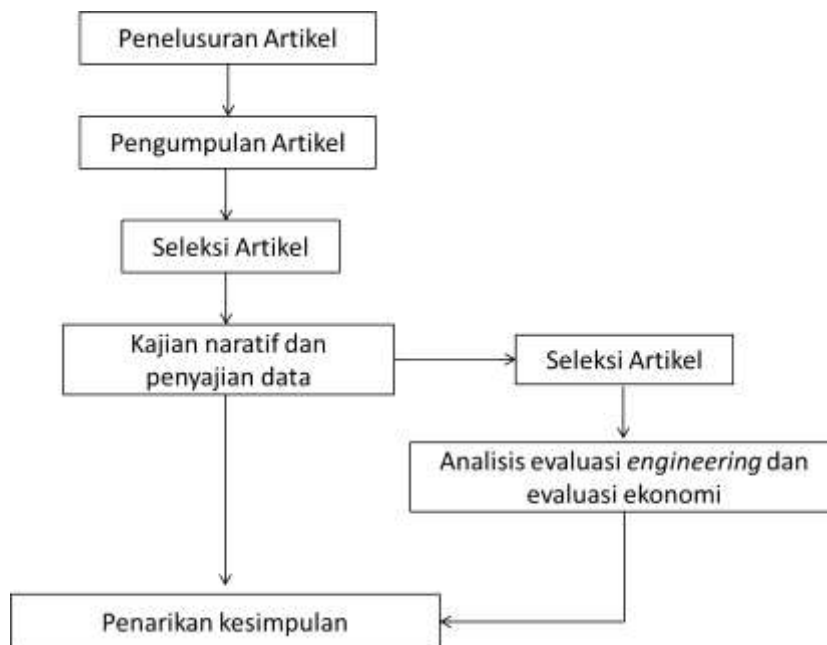
Penelitian ini merupakan studi pustaka (*library research*) dan analisis kuantitatif. Studi pustaka (*library research*) adalah metode penelitian yang dilakukan dengan mengkaji sumber-sumber tertulis seperti jurnal ilmiah, buku referensi, literatur, ensiklopedia dan karangan ilmiah yang berhubungan dengan objek yang sedang diteliti.

Penelitian ini merupakan *best evidence review*. Review ini berfokus pada studi yang dipilih dikombinasikan dengan metode sistematis seleksi studi dan hasil eksplorasi. Penelitian ini juga berfokus pada *narrative review* mengenai potensi ekstrak tanaman sebagai inhibitor korosi baja karbon dalam medium korosif. *Narrative review* adalah metode review yang dilakukan dengan cara membandingkan dan merangkum dari berbagai literatur yang telah dipilih.

Setelah dilakukan kajian naratif, dipilih satu artikel untuk dilakukan analisis kuantitatif. Analisis ini dilakukan melalui evaluasi *engineering* dan evaluasi ekonomi pembuatan larutan inhibitor korosi dari ekstrak tanaman. Analisis kuantitatif adalah analisis yang dilakukan dengan mengolah data berupa angka.

3.2 Desain penelitian

Tahap pertama adalah penelusuran dan pengumpulan pustaka berupa artikel ilmiah terkait topik yang diangkat dalam penelitian, kemudian dilakukan seleksi artikel dengan melakukan pembatasan berupa potensi ekstrak tanaman sebagai inhibitor korosi baja karbon dalam medium korosif. Tahap kedua adalah kajian naratif dan penyajian data dari artikel yang telah diseleksi dan dilakukan penarikan kesimpulan. Tahap ketiga adalah seleksi satu artikel untuk dianalisis lebih lanjut mengenai evaluasi *engineering* dan evaluasi ekonominya. Tahap terakhir adalah penarikan kesimpulan. Tahapan penelitian yang dilakukan ditunjukkan pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.3 Penelusuran artikel rujukan dan seleksi artikel rujukan

Keywords yang digunakan untuk melakukan penelusuran artikel adalah *plant extract*, *corrosion inhibitor*, *carbon steel*, dan *corrosive medium*. Artikel rujukan yang dipilih bersumber Elsevier, Springer, Wiley, Taylor & Francis dan Heliyon.

Seleksi artikel rujukan dilakukan dengan membatasi artikel yang dipilih berdasarkan artikel internasional berkaitan dengan potensi ekstrak tanaman sebagai *green inhibitor* korosi baja karbon dalam berbagai medium korosif pada kurun waktu 2019-2020. 54 artikel digunakan sebagai artikel rujukan.

3.4 Deskripsi/Abstraksi Jurnal Rujukan

Tabel 3.1 menunjukkan deskripsi atau abstraksi dari artikel rujukan yang digunakan.

Tabel 3.1 Hasil Analisis Artikel

No	Judul	Penulis	Penerbit	Tahun
1	Evaluation of Purple Onion (<i>Allium cepa</i> L.) Extract as a Natural Corrosion Inhibitor for Carbon Steel in Acidic Media	Galo, G. T., Morandim-Giannetti, A. D. A., Cotting, F., Aoki, I. V., & Aquino, I. P.	Springer	2020
2	Electrochemical Studies and the Surface Examination of Low Carbon Steel by Applying the Extract of <i>Citrus sinensis</i>	Saxena, A., Sharma, V., Thakur, K. K., & Bhardwaj, N.	Springer	2020
3	<i>Pterocarpus santalinoides</i> leaves extract as a sustainable and potent inhibitor for low carbon steel in a simulated pickling medium.	Ahanotu, C. C., Onyeachu, I. B., Solomon, M. M., Chikwe, I. S., Chikwe, O. B., & Eziukwu, C. A.	Elsevier	2020
4	Dardagan Fruit extract as eco-friendly corrosion inhibitor for mild steel in 1 M HCl: Electrochemical and surface morphological studies	Sedik, A., Lerari, D., Salci, A., Athmani, S., Bachari, K., Gecibesler, İ. H., & Solmaz, R.	Elsevier	2020
5	Phytochemical Screening, Metal-Binding Studies and Applications of Floral Extract of <i>Sonchus oleraceus</i> as a Corrosion Inhibitor	Saxena, A., & Kumar, J.	Springer	2020
6	Electrochemical studies and surface examination of low carbon steel by applying the extract of <i>Musa acuminata</i>	Saxena, A., Thakur, K. K., & Bhardwaj, N.	Elsevier	2020
7	A comparative study using solution analysis, electrochemistry and mass change for the inhibition of carbon steel by the plant alkaloid Voacangine	Ngouné, B., Pengou, M., Nanseu-Njiki, C. P., & Ngameni, E.	Taylor & Francis	2020
8	Corrosion Resistance and Surface Protective Performance of Waste Material of <i>Eucalyptus globulus</i> for Low Carbon Steel	Haldhar, R., & Prasad, D.	Springer	2020
9	Experimental and Theoretical Study of Effect of <i>Allium sativum</i> Extracts as Corrosion Inhibitor on Mild Steel in 1 M HCl Medium	Ojha, L. K., Tüzün, B., & Bhawsar, J.	Springer	2020

Tabel 3.1 Hasil Analisis Artikel (lanjutan)

No	Judul	Penulis	Penerbit	Tahun
10	Mathematical Modeling and Electrochemical Behavior for Corrosion Inhibition of Steel by Kiwi Juice Extract	Rashid, K. H., & Khadom, A. A.	Springer	2020
11	Surface Adsorption and Corrosion Resistance Performance of Acacia concinna Pod Extract: An Efficient Inhibitor for Mild Steel in Acidic Environment	Haldhar, R., Prasad, D., & Bhardwaj, N.	Springer	2020
12	Green corrosion inhibition and adsorption characteristics of Luffa cylindrica leaf extract on mild steel in hydrochloric acid environment.	Ogunleye, O. O., Arinkoola, A. O., Eletta, O. A., Agbede, O. O., Osho, Y. A., Morakinyo, A. F., & Hamed, J. O.	Heliyon	2020
13	Synthesis of green corrosion inhibitor for mild steel in acidic environment	Ogunleye, O. O., Arinkoola, A. O., Alagbe, S. O., Agbede, O. O., Omodele, A. E., Morakinyo, A. F., & Osho, Y. A.	Taylor & Francis	2020
14	Production of an environmentally stable anti-corrosion film based on Esfand seed extract molecules-metal cations: Integrated experimental and computer modeling approaches.	Majd, M. T., Ramezanzadeh, M., Ramezanzadeh, B., & Bahlakeh, G.	Elsevier	2020
15	Inhibition effect of ethanolic extract of Ipomoea batatas peel on the corrosion of Mild steel in hydrochloric acid medium.	Sallau, A. A., & Abubakar, A. B.	UPSI	2020
16	Potential role of a novel green eco-friendly inhibitor in corrosion inhibition of mild steel in HCl solution: Detailed macro/micro-scale experimental and computational explorations	Dehghani, A., Bahlakeh, G., Ramezanzadeh, B., & Ramezanzadeh, M.	Elsevier	2020
17	Vigna unguiculata Coat Extract as Green Corrosion Inhibitor for Steel Pipeline in HCl	Kikanme, N. K., James, A. O., & Ngobiri, N. C.	Gavin	2020
18	Studying the adsorption/inhibition impact of the cellulose and lignin compounds extracted from agricultural waste on the mild steel corrosion in HCl solution	Shahmoradi, A. R., Talebibahmanbigloo, N., Javidparvar, A. A., Bahlakeh, G., & Ramezanzadeh, B.	Elsevier	2020

Tabel 3.1 Hasil Analisis Artikel (lanjutan)

No	Judul	Penulis	Penerbit	Tahun
19	Adsorption and inhibitive properties of methanol extract of <i>Leucas aspera</i> leaves for the corrosion of mild steel in HCl medium	Kavitha, N., Kathiravan, S., Jyothi, S., Muruges, A., & Ravichandran, J.	Springer	2019
20	Highly effective mild steel corrosion inhibition in 1 M HCl solution by novel green aqueous Mustard seed extract: Experimental, electronic-scale DFT and atomic-scale MC/MD explorations	Bahlakeh, G., Dehghani, A., Ramezanzadeh, B., & Ramezanzadeh, M.	Elsevier	2019
21	Anticorrosive property of <i>Spiraea Cantonensis</i> extract as an eco-friendly inhibitor on mild steel surface in acid medium	Chung, I. M., Kalaiselvi, K., Sasireka, A., Kim, S. H., & Prabakaran, M.	Taylor & Francis	2019
22	Experimental, theoretical modeling and optimization of inhibition efficiency of pigeon pea leaf extract as anti-corrosion agent of mild steel in acid environment.	Anadebe, V. C., Onukwuli, O. D., Omotioma, M., & Okafor, N. A.	Elsevier	2019
23	Extraction, characterization and anticorrosion potential of an essential oil from orange zest as eco-friendly inhibitor for mild steel in acidic solution	Bensouda, Z., Sfaira, M., Touhami, M. E., Farah, A., & Hammouti, B.	Springer	2019
24	<i>Eriobotrya japonica</i> Lindl leaves extract application for effective corrosion mitigation of mild steel in HCl solution: experimental and computational studies	Nikpour, S., Ramezanzadeh, M., Bahlakeh, G., Ramezanzadeh, B., & Mahdavian, M.	Elsevier	2019
25	Anti-corrosion Properties of Ethanol Extract of <i>Cardiospermum halicacabum</i> Leaf on Steel Pipelines in Acidic Environment	Suleiman, I. Y., Kasim, A., & Ochu, S. R.	Springer	2019
26	Corrosion Inhibition Behavior of <i>Robinia pseudoacacia</i> Leaves Extract as a Eco-Friendly Inhibitor on Mild Steel in Acidic Media	Yüce, A. O.	Springer	2019
27	Experimental and theoretical studies for tobacco Leaf extract as an eco-friendly inhibitor for steel in saline water.	Abod, B. M., Al-Alawy, R. M., Khadom, A. A., & Kamar, F. H.	Springer	2019

Tabel 3.1 Hasil Analisis Artikel (lanjutan)

No	Judul	Penulis	Penerbit	Tahun
28	A combined experimental and theoretical study of green corrosion inhibition of mild steel in HCl solution by aqueous Citrullus lanatus fruit (CLF) extract	Dehghani, A., Bahlakeh, G., Ramezanzadeh, B., & Ramezanzadeh, M.	Elsevier	2019
29	Inhibitory effect of Senecio anteuphorbium as green corrosion inhibitor for S300 steel	Idouhli, R., Koumya, Y., Khadiri, M., Aityoub, A., Abouelfida, A., & Benyaich, A.	Springer	2019
30	Study of the synergistic effect of Mangifera indica leaves extract and zinc ions on the mild steel corrosion inhibition in simulated seawater: Computational and electrochemical studies	Ramezanzadeh, M., Bahlakeh, G., & Ramezanzadeh, B.	Elsevier	2019
31	Corrosion inhibition studies of mild steel using Acalypha chamaedrifolia leaves extract in hydrochloric acid medium	Arthur, D. E., & Abechi, S. E.	Springer	2019
32	An improved corrosion resistance of steel in hydrochloric acid solution using Hibiscus sabdariffa leaf extract	Hoai, N. T., Van Hien, P., Vu, N. S. H., Van Man, T., Tri, M. D., & Nam, N. D.	Springer	2019
33	Corrosion Inhibition of Mild Steel in 0.5 M H ₂ SO ₄ Solution by Artemisia herba-alba Oil	Boumhara, K., Harhar, H., Tabyaoui, M., Bellaouchou, A., Guenbour, A., & Zarrouk, A.	Springer	2019
34	Liriope platyphylla extract as a green inhibitor for mild steel corrosion in sulfuric acid medium	Chung, I. M., Hemapriya, V., Kim, S. H., Ponnusamy, K., Arunadevi, N., Chitra, S., ... & Gopiraman, M.	Taylor & Francis	2019
35	Synthesis of fatty phenylthiosemicarbazide from underutilized Sesamum indicum seed oil: a promising corrosion inhibitor of carbon steel in developing country.	Adewuyi, A., Oluwaseyifunmi, A., Kaki, S. S., & Oderinde, R. A.	Springer	2019
36	Green Eucalyptus leaf extract: a potent source of bio-active corrosion inhibitors for mild steel	Dehghani, A., Bahlakeh, G., & Ramezanzadeh, B.	Elsevier	2019

Tabel 3.1 Hasil Analisis Artikel (lanjutan)

No	Judul	Penulis	Penerbit	Tahun
37	Novel cost-effective and high-performance green inhibitor based on aqueous Peganum harmala seed extract for mild steel corrosion in HCl solution: Detailed experimental and electronic/atomic level computational explorations	Bahlakeh, G., Ramezanzadeh, B., Dehghani, A., & Ramezanzadeh, M.	Elsevier	2019
38	Extraction and experimental studies of Citrus aurantifolia as an economical and green corrosion inhibitor for mild steel in acidic media.	Haldhar, R., Prasad, D., & Bhardwaj, N.	Taylor & Francis	2019
39	Corrosion mitigation of mild steel in acidic medium using Lagerstroemia speciosa leaf extract: A combined experimental and theoretical approach.	Mobin, M., Basik, M., & El Aoufir, Y.	Elsevier	2019
40	Detailed macro-/micro-scale exploration of the excellent active corrosion inhibition of a novel environmentally friendly green inhibitor for carbon steel in acidic environments	Dehghani, A., Bahlakeh, G., Ramezanzadeh, B., & Ramezanzadeh, M.	Elsevier	2019
41	Synergistic Effect of Potassium Iodide on Corrosion Inhibition of Carbon Steel by Achillea santolina Extract in Hydrochloric Acid Solution	Fouda, A. S., Shalabi, K., & Shaaban, M. S.	Springer	2019
42	A detailed atomic level computational and electrochemical exploration of the Juglans regia green fruit shell extract as a sustainable and highly efficient green corrosion inhibitor for mild steel in 3.5 wt% NaCl solution	Haddadi, S. A., Alibakhshi, E., Bahlakeh, G., Ramezanzadeh, B., & Mahdavian, M.	Elsevier	2019
43	Potential of Borage flower aqueous extract as an environmentally sustainable corrosion inhibitor for acid corrosion of mild steel: electrochemical and theoretical studies	Dehghani, A., Bahlakeh, G., Ramezanzadeh, B., & Ramezanzadeh, M.	Elsevier	2019
44	Utilizing Lemon Balm extract as an effective green corrosion inhibitor for mild steel in 1M HCl solution: A detailed experimental, molecular dynamics, Monte Carlo and quantum mechanics study	Asadi, N., Ramezanzadeh, M., Bahlakeh, G., & Ramezanzadeh, B.	Elsevier	2019

Tabel 3.1 Hasil Analisis Artikel (lanjutan)

No	Judul	Penulis	Penerbit	Tahun
45	Inhibitory effect of Pistacia khinjuk aerial part extract for carbon steel corrosion in sulfuric acid and hydrochloric acid solutions	Soltani, N., Tavakkoli, N., Attaran, A., Karimi, B., & Khayatkashani, M.	Springer	2019
46	Adsorption mechanism and synergistic corrosion-inhibiting effect between the green Nettle leaves extract and Zn ²⁺ cations on carbon steel	Ramezanzadeh, M., Bahlakeh, G., Ramezanzadeh, B., & Sanaei, Z.	Elsevier	2019
47	Green method of carbon steel effective corrosion mitigation in 1 M HCl medium protected by Primula vulgaris flower aqueous extract via experimental, atomic-level MC/MD simulation and electronic-level DFT theoretical elucidation	Majd, M. T., Asaldoust, S., Bahlakeh, G., Ramezanzadeh, B., & Ramezanzadeh, M.	Elsevier	2019
48	Detailed characterization of Phellodendron chinense Schneid and its application in the corrosion inhibition of carbon steel in acidic media	He, T., Emori, W., Zhang, R. H., Okafor, P. C., Yang, M., & Cheng, C. R.	Elsevier	2019
49	Pomegranate Aqueous Extract (PAE) as an Eco-Friendly Inhibitor for Carbon Steel Used in Sanitation Plants: Kinetics and Bacteria Effect	Fouda, A. S., Eissa, M., & Fakhri, M.	Springer	2019
50	Pineapple stem extract (Bromelain) as an environmental friendly novel corrosion inhibitor for low carbon steel in 1 M HCl	Mobin, M., Basik, M., & Aslam, J.	Elsevier	2019
51	Corrosion inhibition activity of carbon steel in 1.0 M hydrochloric acid medium using Hammada scoparia extract: gravimetric and electrochemical study	Derfouf, H., Harek, Y., Larabi, L., Basirun, W. J., & Ladan, M.	Taylor & Francis	2019
52	Evaluation of Ficus tikoua leaves extract as an eco-friendly corrosion inhibitor for carbon steel in HCl media	Wang, Q., Tan, B., Bao, H., Xie, Y., Mou, Y., Li, P., Chen, D., Shi, Y., Li, X. & Yang, W.	Elsevier	2019
53	Eco-friendly plant extract of Medicago sativa (Alfalfa) as corrosion inhibitor for carbon steel in marine environment.	Fouda, A. S., Emam, A., Refat, R., & Nageeb, M. M.	Springer	2019
54	Pomegranate peels crude extract as a corrosion inhibitor of mild steel in HCl medium: Passivation and hydrophobic effect	Ait Aghzzaf, A., Veys-Renaux, D., & Rocca, E.	Wiley	2019

3.5 Tahapan pengolahan data

Pengolahan data dilakukan dengan metode analisis deskriptif dan analisis kuantitatif. Analisis deskriptif adalah metode analisis yang berfungsi untuk mendeskripsikan atau memberi gambaran terhadap objek yang diteliti melalui data atau sampel yang telah terkumpul serta membuat kesimpulan yang berlaku untuk umum (Sugiono, 2009). Analisis kuantitatif dilakukan dengan menganalisis evaluasi *engineering* dan evaluasi ekonomi pembuatan larutan inhibitor korosi. Analisis kuantitatif adalah analisis dengan mengolah data berupa angka. Hasil analisis disajikan dalam bentuk tabel dan dijabarkan dalam data deskriptif.

3.6 Seleksi Artikel

Seleksi artikel dilakukan dengan memilih satu artikel dari beberapa artikel rujukan yang digunakan. Artikel yang dipilih untuk dianalisis lebih lanjut berjudul “*Electrochemical Studies and the Surface Examination of Low Carbon Steel by Applying the Extract of Citrus sinensis*”. Artikel tersebut digunakan karena data yang disajikannya lengkap, kelimpahan di Indonesia cukup tinggi dan nilai efisiensi inhibisinya cukup tinggi. Kementerian Pertanian (2013) menjelaskan bahwa limbah kulit jeruk manis di Indonesia mencapai 309.578 ton per tahun (Kementerian Pertanian, 2013). Pada tahun 2014, produksi jeruk manis di dunia mencapai 68.925.200 ton dan menghasilkan 3,8 milyar ton limbah kulit jeruk per tahun (Mueller, 2017).

3.7 Evaluasi *engineering* dan evaluasi ekonomi

Evaluasi *engineering* dilakukan dengan merubah produksi larutan inhibitor korosi dari skala lab menjadi skala industri. Asumsi yang digunakan dalam produksi larutan inhibitor korosi dari ekstrak kulit jeruk manis (*Citrus sinensis*) berdasarkan perhitungan stoikiometri.

- Semua komposisi kimia yang digunakan ditingkatkan hingga 1000 kali dan dihitung berdasarkan literatur (Saxena, dkk., 2020).
- Jeruk powder diekstraksi dengan etanol dengan perbandingan kulit jeruk : pelarut sebesar 1:5
- Tingkat konversi untuk semua reaksi adalah 100% dengan kehilangan massa pada setiap proses pemindahan adalah sebesar 5%.

Evaluasi ekonomi didasarkan pada analisis harga bahan, harga peralatan, dan spesifikasi peralatan yang bersumber dari web belanja online. Pengolahan data dilakukan dengan perhitungan matematika sederhana menggunakan Aplikasi Microsoft Excel untuk mendapatkan parameter evaluasi ekonomi, seperti: Nilai *Gross Profit Margin* (GPM), *Payback Period* (PBP), *Cumulative net present value*, nilai *break even point* (BEP) dan *Profitability index* (PI). Parameter evaluasi ekonomi dihitung berdasarkan literatur (Nandiyanto, 2018). Untuk menganalisis evaluasi ekonomi, digunakan beberapa asumsi:

- Produksi larutan inhibitor korosi dilakukan di Indonesia
- Nilai tukar USD (mata uang Amerika) terhadap IDR (mata uang Indonesia) telah ditetapkan pada 1 USD = IDR 14632, konversi mata uang Indonesia ke mata uang Amerika dilakukan pada bulan Juli 2020
- Proyek setahun adalah 300 hari dan sisanya adalah hari yang digunakan untuk membersihkan dan mengatur proses.
- Harga bahan baku yang diperoleh dari web belanja online, secara berturut-turut untuk kulit jeruk, etanol, H₂SO₄ 98% dan aquades adalah 1,4 USD/kg , 1,2 USD/L, 1,7 USD/L dan 0,1 USD/L.
- Jumlah bahan yang digunakan mengacu pada perhitungan stoikiometri
- Dalam 1 hari produksi, membutuhkan waktu 12 jam produksi dan menghasilkan 905 larutan inhibitor korosi dijual perjerigen (20 L)
- Unit utilitas dapat dijelaskan dan dikonversi sebagai unit listrik seperti kWh, kemudian dikonversi menjadi biaya dengan mengalikan biaya listrik.
- Biaya listrik yang dibebankan sebesar 0,11 USD/kWh, dalam 1 hari biaya listrik yang harus dibayar adalah 37 USD
- Upah/tenaga kerja diasumsikan sebesar 54,67 USD/hari.
- Tingkat diskonto 15% dan pajak penghasilan adalah 10% setiap tahun.
- Proyek dilakukan selama 20 tahun.
- Biaya pengiriman bahan dan alat dihilangkan dalam perhitungan
- Total Investment Cost (TIC) dihitung berdasarkan Lang Factor (Nandiyanto, 2018; Nandiyanto, dkk., 2018)
- TIC disiapkan dalam dua langkah. Langkah pertama adalah 40% di tahun pertama dan langkah kedua adalah sisanya (Selama pembangunan proyek).

- Tanah dibeli. Dengan demikian, biaya tanah ditambahkan pada awal tahun konstruksi pabrik dan diperoleh kembali di akhir proyek.
- Penyusutan diestimasi menggunakan perhitungan langsung (Garrett, 2012)
Variasi evaluasi ekonomi dilakukan untuk menguji kelayakan proyek dengan berbagai kondisi adalah ketika terjadi perubahan harga penjualan, pajak, kapasitas produksi dan biaya variabel seperti harga bahan baku, utilitas dan gaji karyawan.

3.8 Tahapan penarikan kesimpulan

Pada tahap ini dilakukan penarikan kesimpulan secara menyeluruh dari penelitian yang dilakukan. Penarikan kesimpulan dilakukan berdasarkan rumusan masalah pada bab I.