

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Salah satu permasalahan lingkungan yang ada di Kalimantan Selatan adalah air asam tambang (AAT) atau acid mine drainage (AMD). Air asam tambang dengan pH rendah, sulfat dan logam berat yang dihasilkan dari oksidasi mineral sulfida yang biasa ditemukan di batuan induk dari beberapa bijih mineral (Sebogodi, Johakimu and Sithole, 2020). Air asam tambang dihasilkan oleh pembentukan asam sulfat dari bahan yang mengandung sulfur, seperti pirit. Asam sulfat yang dihasilkan dalam proses oksidasi ini kemudian mampu melarutkan logam. Air asam seperti ini menyebabkan kerusakan, terutama asam sulfat yang melarutkan logam berat, seperti arsenik, tembaga, timah hitam, besi dan mangan (Coil *et al.*, 2014). Agar AAT di Pertambangan batubara tidak menjadi permasalahan lingkungan, maka perlu diolah terlebih dahulu, hal ini untuk memenuhi peraturan lingkungan yang berkaitan dengan limbah cair pertambangan batubara antara lain UU No. 32/2009 Tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (Kementerian Lingkungan Hidup RI, 2009), Keputusan menteri LH No.113 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Usaha dan atau Kegiatan Pertambangan Batubara (Kementerian and Lingkungan Hidup RI, 2003), Peraturan Gubernur Kalimantan Selatan No. 36 Tahun 2008 tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi Kegiatan Industri, Hotel, Restoran, Rumah Sakit, Domestik dan Pertambangan. Salah satu Pertambangan batubara di Kalimantan selatan adalah PT. Jorong Barutama Grenstone (JBG) yang berada di Kabupaten Tanah Laut. Pengolahan AAT di pertambangan ini dilakukan menggunakan kapur tohor dengan biaya Rp. 200,- per kubik. Dampak negatif dari perlakuan ini adalah terjadinya endapan kapur pada

kolam penetralan, untuk itu diperlukan teknik lain cara penanganan keasaman AAT, salah satu alternatif adalah dengan cara penambahan NaOH agar penetralan AAT tidak menimbulkan endapan.

Penggunaan keratin yang berasal dari unggas dilaporkan dapat mengurangi dampak air asam tambang yang mengandung logam berat. Keratin, yang merupakan polimer protein dengan berbagai gugus fungsi, dapat disediakan melalui reaksi-reaksi kimiawi. Beberapa reaksi yang terlibat dalam penyediaan (sintesis) keratin ini adalah reaksi reduksi, oksidasi, iradiasi, ekstraksi alkali, sulfitolisis dan cairan ionik. Metode ekstraksi alkali membutuhkan sejumlah besar bahan kimia alkali untuk hidrolisis dan asam untuk netralisasi. Isolasi keratin dengan metode reduksi menggunakan agen pereduksi, seperti tiol (misalnya mercaptoethanol), dapat memecah ikatan sistin disulfida (R-S-S-R), untuk membentuk sistein (R-S-H). Natrium sulfida digunakan sebagai pengganti bahan kimia lebih murah dari mercaptoethanol dan secara luas digunakan untuk ekstraksi keratin dari wol melalui sulfitolisis, dengan pembentukan sistein (R-S-H) (Aluigi et al, 2014).

Penelitian pemanfaatan keratin dari bulu ayam untuk pewarna *Metilen Blue*, menunjukkan bahwa bahan ini dapat mengadsorpsi sebesar 134,76 mg/g (Chowdhury and Saha, 2012). Bulu ayam yang teraktivasi  $\text{Na}_2\text{S}$  mampu menyerap 98,69% Pb (Latifah, dkk. 2014), adsorpsi ion  $\text{Pb}^{2+}$  menggunakan bulu ayam termodifikasi  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$  menghasilkan kapasitas adsorpsi sebesar 11,16 mg/g (Kong *et al.*, 2014), kapasitas adsorpsi Pb oleh bulu ayam (1,9 g/L) lebih rendah daripada bulu bebek (2,3 g/L) (Kumari and , U.Kiran Babu, 2011). Keratin dari bulu ayam dimodifikasi 6%  $\text{CH}_3\text{OH}$  dan 2% HCl mempunyai kapasitas adsorpsi 90,6 mg/g (Khosa, Wu and Ullah, 2013). Kapasitas adsorpsi keratin dari bulu ayam dengan perlakuan asam formiat terhadap *Remazol Golden Yellow RNL* sebesar 10,471 mg/g (Sa'adah dkk, 2013). Adsorpsi Cu

pada limbah elektroplating menggunakan bulu ayam termodifikasi NaOH/Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> menghasilkan kapasitas adsorpsi sebesar 38,43 mg/g (Nor F., W. Sunarto, 2014). Bulu itik yang diaktivasi dengan NaOH memiliki kapasitas adsorpsi Cu<sup>2+</sup> dan Cr<sup>6+</sup> konsentrasi yang relatif tinggi (Xiangyu Jin, Lu Lu, Haibo Wu, Qinfei Ke, 2013). Modifikasi keratin dengan Na<sub>2</sub>S dan direndam dalam isopropil alkohol atau asam lemah (13 sampai 50% meningkat) atau dengan ikatan silang formaldehid atau glutaraldehid (24 hingga 40% meningkat) (Poole and Church, 2015). Penggunaan bulu unggas sebagai penyerap logam memiliki kelemahan, yaitu sangat ukurannya kecil, dan hanya bisa digunakan sekali saja. Agar adsorben dari bulu unggas memiliki ketahanan mekanik yang tinggi dan dapat dipakai berulang kali, salah satu cara adalah dengan cara dikompositkan dengan material lain.

Penelitian tentang komposit kitosan dengan keratin menunjukkan bahwa penambahan keratin meningkatkan stabilitas mekanik (Flores-Hernandez et al. 2014). Keratin dari bulu ayam yang dicangkokkan pada permukaan nanotube karbon yang berfungsi sebagai penstabil (Estvez-Martinez et al. 2013). Pembuatan komposit keratin dengan asam polilaktik (PLA)/ kitosan menunjukkan bahwa kehadiran keratin meningkatkan ketangguhan dan stabilitas termal komposit (Spiridon *et al.*, 2013), (Flores-Hernandez et al. 2014). Komposit keratin dengan polivinil alkohol menunjukkan bahwa kekuatan tarik dan Young's Modulus dari nano komposit ditemukan meningkat (19 dan 272.8 MPa) dibandingkan dengan serat nano tanpa PVA (10.7 dan 72,4 MPa) (Choi *et al.*, 2015). Modifikasi keratin dengan gliserol untuk bioplastic menunjukkan pada penambahan 2% gliserol memiliki sifat mekanis dan termal terbaik. (Ramakrishnan *et al.*, 2018). Pembuatan keratin film dengan alkali dan ditambahkan asam sitrat, dimana hidrolisis dengan alkali ikatan silang asam sitrat memberikan peluang untuk mengembangkan termoplastik murah dan biodegradabel (Reddy, Chen

and Yang, 2013). Bulu *Dromaius novaehollandiae* yang dikompositkan dengan kitosan dapat mengadsorpsi 93,91% Cu (Kumari and Sobha, 2015)

Pembuatan komposit keratin dengan plastik guna mengatasi permasalahan lingkungan karena penggunaan plastik semakin populer di kalangan masyarakat Indonesia. Menurut perkiraan Bank Dunia, jumlah ini bertambah hingga 2,2 miliar ton pada tahun 2025. Selama lebih dari 50 tahun, produksi dan konsumsi plastik global terus meningkat (<https://lingkunganhidup.co/sampah-plastik-indonesia-dunia/>). Penelitian tentang komposit menggunakan plastik baik *High Dencity Polyethylene* (HDPE), *Low Dencity Polyethylene* (LDPE) maupun Linear Low Density Polyethylene atau polietilen linear (LLDPE) telah banyak dilakukan, diantaranya adalah penelitian tentang serat keratin dari bulu ayam dengan LDPE dimana serat bulu keratin dapat langsung dimasukkan ke dalam polimer menggunakan teknik pencampuran termomekanis, dan dari hasil pengujian sifat fisik dan mikroskopi menunjukkan adanya interaksi antara serat dan polimer tanpa memerlukan bahan penghubung atau perlakuan kimia (Barone and Schmidt, 2005). Komposit *Low Dencity Polyethylene* (LDPE) dengan magnesium hidroksida (MH) dan lauril akrilat dengan radiasi berkas elektron menunjukkan bahwa radiasi berkas elektron dapat mendorong ikatan silang lauril akrilat, yang secara signifikan meningkatkan sifat mekanik komposit LDPE (Shen *et al.*, 2018). Pembuatan kemasan dari PP/LDPE + Attapulgit (AT) dan Allium sativum essence oil (AEO) menunjukkan sifat fisik yang baik dan kinerja pengawetan yang sangat baik (Dong *et al.*, 2019). Komposit yang dihasilkan dari limbah LDPE dan limbah kayu pinus pada 70/30% berat menunjukkan ketahanan yang lebih tinggi terhadap efek penuaan fotokimia bila dibandingkan dengan limbah polimer yang tidak terisi (Moreno, Hirayama and Saron, 2018). Komposit LDPE dan zeolit (1:1) pada 200 °C pada tiga waktu yang berbeda: 2, 4 dan 6 jam menunjukkan bahwa pada 2 jam terjadi penurunan 39%, 4 jam



dan 6 jam menunjukkan penurunan masing-masing 29% dan 23% diesel dikeluarkan dari air (Molina Flores *et al.*, 2020). Pemanfaatan tandan kosong sawit termodifikasi maleat anhidrida menunjukkan bahwa perbandingan limbah LDPE, pati TKS, maleat anhidrida, benzoil peroksida 60:40:1:1 memiliki kemampuan terurai pada tanah sampah yang terbaik yaitu sebesar 9,032% (Samah, 2017), sedangkan penelitian pati sorgum-kitosan 7:3 dengan *plasticizer* sorbitol terbaik adalah pada konsentrasi 20% dan temperatur gelatinisasi 95°C dengan nilai Modulus Young tertinggi 42.480 MPa dan nilai ketahanan air terbaik sebesar 36,825 % (Darni and Utami, 2009).

Hasil penelitian penggunaan komposit dengan HDPE diantaranya adalah pembuatan komposit serat kurma dengan polyvinyl chloride (PVC)-HDPE menunjukkan peningkatan kinerja serapan air, morfologi, termal, mekanik, dinamik-mekanik, reologi, dan air (Maou *et al.*, 2021). Pembuatan komposit serat ensete dengan maleat anhidrat dan HDPE menunjukkan bahwa penambahan serat ensete mengakibatkan komposit menjadi lebih kaku dan keras yang menyebabkan penurunan perpanjangan putus. Penambahan 5 wt% compatibilizer malet anhidrida ke dalam 25 wt% serat ensete HDPE meningkatkan adhesi serat-matriks (Negawo *et al.*, 2021). Pembuatan komposit serat ampas tebu dengan HDPE menunjukkan bahwa kekuatan tarik tertinggi diperoleh pada komposisi plastik HDPE dan serat ampas tebu volume sebesar 60% : 40% dengan nilai rerata 15.5 MPa, sedangkan kekuatan bending tertinggi diperoleh pada komposisi plastik HDPE dan serat ampas tebu volume sebesar volume 60% : 40% dengan nilai rerata 16.8 MPa (Margono *et al.*, 2020). Pada pembuatan komposit beton dengan limbah HDPE menunjukkan bahwa kekuatan tekan beton terbesar diperoleh pada pemberian suhu sampai 90° C yakni sebesar 13,16 MPa, dan pada beton yang dicampur dengan 20% limbah HDPE menghasilkan kuat tekan beton sebesar 11,08 MPa (Al Fajr and Setiawan, 2019). Penelitian pembuatan komposit

limbah HDPE dengan *Cantula* menunjukkan bahwa penambahan tekanan pengepresan menyebabkan peningkatan kekuatan bending komposit. Kekuatan bending tertinggi dihasilkan pada komposit dengan tekanan 50 bar dengan nilai sebesar 38.90 MPa (Ratmanto, Raharjo and Triyono, 2012). Penelitian High Density Polyethylene (HDPE) dan hydroxyapatite (HAp) untuk membentuk tulang sintetik dengan irradiasi gamma menunjukkan bahwa kekerasan komposit meningkat dari nilai 65 shore A hingga 69,5 shore A dengan waktu pemanasan 1 jam, 2 jam, dan 86 shore A dengan dosis radiasi 50 kGy untuk sampel komposit HDPE-HAp (2:1), permukaan komposit yang kompak dan HAp terikat secara fisik (Giat *et al.*, 2015). Penelitian analisis kekuatan tarik pada material komposit dengan serat penguat polimer menunjukkan bahwa serat fiberglass memiliki kekuatan tarik tertinggi yaitu sebesar 17,31 MPa, sedangkan, komposit dengan serat HDPE memiliki kekuatan tarik terendah yaitu sebesar 11,36 MPa, serta komposit dengan serat PET memiliki regangan tertinggi yaitu sebesar 1,87 %, dan ketiga komposit tersebut bersifat getas (Diana, Safitra and Ariansyah, 2020). Penelitian papan dari komposit limbah HDPE menunjukkan bahwa pada temperatur 210°C, papan komposit memiliki rongga lebih sedikit dibandingkan dengan temperatur dibawahnya. Nilai kekuatan tarik cenderung menurun dengan bertambahnya temperatur, kekuatan tarik tertinggi pada temperatur 170°C sebesar 11,630 MPa (Johari and Santoso, 2021). Pembuatan plastik biodegradabel dari komposit pati menunjukkan bahwa adanya compatibilizer LLDPE/HDPE-g-MA menghasilkan sifat mekanik lebih baik (Waryat, Muhammad Romli, Ani Suryani, Indah Yuliasih, 2013). Pemanfaatan sampah plastik yang susah diuraikan dan pemanfaatan keratin telah banyak penelitian yang telah dilakukan, agar lebih bermanfaat, maka perlu dilakukan penelitian mengenai pembuatan komposit dari keratin dengan plastik.

Pembuatan komposit plastik HDPE dengan keratin diharapkan dapat mengatasi permasalahan limbah yang mengandung logam berat seperti air asam tambang batubara di Kalimantan Selatan. Komposit ini diharapkan memiliki ketahanan mekanik yang tinggi, sehingga mudah diaplikasikan sebagai filter yang bisa dipakai secara berulang kali. Sebagai sumber keratin digunakan bulu itik, bulu ungggs ini merupakan salah satu limbah yang belum termanfaatkan di Kalimantan Selatan. Berdasarkan data Dinas Peternakan Propinsi tahun 2019, jumlah itik di Kalimantan Selatan sebanyak 4.786.370 ekor (<https://data.kalselprov.go.id/?r=PopItik/index>). Bila asumsi limbah bulu hasil pemotongan sekitar 4-5% bobot, maka dapat diperkirakan total limbah bulu itik di Kalimantan Selatan adalah 191-239 ton pertahun.

## **B. Pertanyaan Penelitian**

1. Bagaimana karakteristik hasil sintesis keratin dari bulu itik dengan berbagai metode ekstraksi?
2. Bagaimana karakteristik hasil sintesis komposit HDPE dengan keratin dari bulu itik dengan berbagai metode ekstraksi?
3. Bagaimana kinerja komposit HDPE dengan keratin dari bulu itik dengan metode ekstraksi pada penyerapan logam berat?
4. Bagaimana kinerja komposit HDPE dengan keratin dari bulu itik dengan metode ekstraksi untuk pengolahan logam berat limbah cair asam tambang batubara?

## **C. Orisinilitas**

Penelitian tentang keratin kebanyakan berasal dari bulu ayam, penelitian tentang keratin dari bulu itik masih terbatas. Penelitian tentang keratin telah banyak dilakukan mulai dari isolasi keratin, modifikasi keratin sebagai adsorben untuk logam

berat sampai nanokomposit. Penelitian ini akan dilakukan penelitian mengenai pembuatan komposit keratin dari bulu itik yang dimodifikasi dengan berbagai zat aktivator dan dipelajari mekanisme reaksi yang terjadi, diuji adsorpsinya terhadap Fe serta diaplikasikan sebagai filter pada pengolahan air asam tambang batubara.

Penelitian yang berkaitan dengan adsorpsi bulu unggas yang telah dilakukan Wang dkk. (2014) tentang adsorpsi ion  $Pb^{2+}$  menggunakan bulu ayam termodifikasi  $Na_2S_2O_5$  menghasilkan kapasitas adsorpsi sebesar 11,16 mg/g dengan waktu kontak 60 menit. Khumairoh dkk. (2013) dalam penelitiannya tentang adsorpsi ion  $Cd^{2+}$  menggunakan bulu ayam termodifikasi asam askorbat menghasilkan kapasitas adsorpsi sebesar 26,32 mg/g pada pH 7 dengan waktu kontak 40 menit. Nor dkk. (2014) tentang adsorpsi logam Cu pada limbah elektroplating menggunakan bulu ayam termodifikasi  $NaOH/Na_2SO_3$  menghasilkan kapasitas adsorpsi sebesar 38,43 mg/g pada pH 5 dengan waktu kontak 80 menit. Adsorpsi oleh bulu ayam ion  $Cd^{2+}$  dan  $Ni^{2+}$  secara signifikan dipengaruhi oleh  $Pb^{2+}$  dan untuk proses desorpsi baik  $Pb^{2+}$  dan  $Cd^{2+}$  layak digunakan  $CH_3COOH$  dan  $HCl$  pada konsentrasi rendah, namun tidak cocok untuk  $Ni^{2+}$  (Reynel-avila, Guanajuato and Bonilla-petriciolet, 2012). Penelitian pembuatan komposit bulu itik dengan  $NaOH$  menunjukkan sifat mekanik yang baik dan kapasitas adsorpsi  $Cu^{2+}$  dan  $Cr^{6+}$  dalam konsentrasi yang relatif tinggi. (Xiangyu Jin, Lu Lu, Haibo Wu, Qinfei Ke, 2013). Studi adsorpsi  $Co(II)$  oleh bulu ayam menunjukkan bahwa ini lebih efisien (El-gabry *et al.*, 2015). Penelitian adsorpsi tembaga dengan bulu *Dromaius novaehollandiae* dan komposit kitosan bahwa adsorpsi maksimum ditemukan 93,91% (18,78 mg/l) (Kumari and Sobha, 2015). Adsorpsi timbal dengan menggunakan ayam biopolimer pada timbal (Pb) dari kapasitas adsorpsi adalah biosorben 1,9 g/L. Timbal adsorpsi (Pb) dengan kapasitas adsorpsi bebek adalah 2,3 g / L (Kumari and , U.Kiran Babu, 2011).



Penelitian tentang keratin yang telah dilakukan antara lain identifikasi keratin dari bulu ayam yang dilakukan oleh (Mirdayanti, 2018), dimana dari uji biuret menghasilkan perubahan mengindikasikan adanya unsur protein. Analisis gugus fungsi keratin menunjukkan bahwa adanya ikatan C-N Amina, munculnya vibrasi N-H amina protein dan gugus karbonil C = O dan gugus O-H, titik leleh 320°C dan titik dekomposisi pada 520°C. Penelitian keratin dari bulu ayam dengan perlakuan asam formiat menunjukkan kapasitas adsorpsi terhadap *Remazol Golden Yellow RNL* oleh sebesar 10,471 mg/g (Sa'adah dkk, 2013). Penelitian adsorpsi minyak oleh keratin telah dilakukan oleh (Reddy, Chen and Yang, 2013) dimana keratin yang telah diaktivasi dengan Na<sub>2</sub>S sangat potensial sebagai penyerap minyak. Penelitian adsorpsi keratin dari bulu ayam dimodifikasi dengan NaOH, Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>, dan CH<sub>3</sub>OH pada As(III) menunjukkan bahwa 6% CH<sub>3</sub>OH dan 2% HCl lebih tinggi bila dibandingkan dengan penambahan NaOH dan Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>, dengan kapasitas adsorpsi 90,6 mg /g (Khosa, Wu and Ullah, 2013). Aplikasi keratin pada adsorpsi logam telah dilakukan penelitian bulu ayam yang teraktivasi Na<sub>2</sub>S mampu menyerap Pb sebesar 98,69%, dan mengikuti isotherm Freundlich (Latifah, dkk. 2014)

Modifikasi keratin dengan bahan lain sebagai komposit juga telah dibuat diantaranya adalah komposit keratin dengan akrilik untuk pembuatan film dan diujikan untuk pewarna pada limbah tekstil (El-gabry *et al.*, 2016). Penelitian modifikasi komposit kitosan dengan keratin menghasilkan bahwa penambahan keratin meningkatkan stabilitas (Flores-Hernandez *et al.* 2014). Keratin dari bulu ayam juga dicangkokkan pada permukaan nanotube karbon carbon yang berfungsi menstabilkan keratin (Estvez-Martnez *et al.* 2013). Hasil penelitian tentang ekstraksi keratin menunjukkan bahwa kadar natrium meta-bisulfit, yang optimum adalah 0,2 M dengan hasil sebesar 87,6% (Ji *et al.*, 2014). Pembuatan komposit bulu itik dengan

NaOH menunjukkan sifat mekanik yang baik dan kapasitas adsorpsi  $\text{Cu}^{2+}$  dan  $\text{Cr}^{6+}$  dalam konsentrasi yang relatif tinggi. (Xiangyu Jin, Lu Lu, Haibo Wu, Qinfei Ke, 2013). Pembuatan komposit keratin dengan asam polilaktik (PLA)/ kitosan dilakukan oleh (Spiridon *et al.*, 2013) menunjukkan bahwa kehadiran keratin meningkatkan ketangguhan dan stabilitas termal komposit. Keratin dari bulu ayam juga dicangkokkan pada permukaan nanotube karbon carbon yang berfungsi menstabilkan keratin (Estévez-Martínez *et al.*, 2013).

Penelitian tentang pembuatan komposit dari keratin dengan polimer antara lain dengan dicangkokkan maleat anhidrida, dan polipropilen digunakan sebagai compatibilizer, terjadi peningkatan laju kristalisasi polipropilen dan peningkatan stabilitas termal pada berbagai jumlah keratin dalam komposit (Bertini *et al.*, 2013). Penelitian bioplastik dari keratin menunjukkan bahwa bioplastik yang terbuat dari keratin dengan 2% gliserol memiliki sifat mekanis dan termal terbaik. Menurut uji biodegradabilitas, semua bioplastik yang diproduksi terbukti dapat terurai (Ramakrishnan *et al.*, 2018). Penelitian tentang serat keratin dari bulu ayam dengan *Low Density Polyethylene* (LDPE) dimana serat bulu keratin dapat langsung dimasukkan ke dalam polimer menggunakan teknik pencampuran termomekanis, dan dari hasil pengujian sifat fisik dan mikroskopi menunjukkan adanya interaksi antara serat dan polimer tanpa memerlukan bahan penghubung atau perlakuan kimia (Barone and Schmidt, 2005). Komposit LDPE dengan magnesium hidroksida (MH) dan lauril akrilat dengan radiasi berkas elektron menunjukkan bahwa radiasi berkas elektron dapat mendorong ikatan silang lauril akrilat, yang secara signifikan meningkatkan sifat mekanik komposit LDPE (Shen *et al.*, 2018). Pembuatan kemasan dari PP/LDPE + Attapulgite (AT) dan Allium sativum essence oil (AEO) menunjukkan sifat fisik yang baik dan kinerja pengawetan yang sangat baik (Dong *et al.*, 2019). Komposit yang

dihasilkan dari limbah LDPE dan limbah kayu pinus pada 70/30% berat menunjukkan ketahanan yang lebih tinggi terhadap efek penuaan fotokimia bila dibandingkan dengan limbah polimer yang tidak terisi (Moreno, Hirayama and Saron, 2018). Komposit LDPE dan zeolit (1:1) pada 200 °C pada tiga waktu yang berbeda: 2, 4 dan 6 jam menunjukkan bahwa pada 2 jam terjadi penurunan 39%, 4 jam dan 6 jam menunjukkan penurunan masing-masing 29% dan 23% diesel dikeluarkan dari air (Molina Flores *et al.*, 2020). Pemanfaatan tandan kosong sawit termodifikasi maleat anhidrida menunjukkan bahwa perbandingan limbah LDPE, pati TKS, maleat anhidrida, benzoil peroksida 60:40:1:1 memiliki kemampuan terurai pada tanah sampah yang terbaik yaitu sebesar 9,032% (Samah, 2017), sedangkan penelitian pati sorgum-kitosan 7:3 dengan plasticizer sorbitol terbaik adalah pada konsentrasi 20% dan temperatur gelatinisasi 95°C dengan nilai Modulus Young tertinggi 42.480 MPa dan nilai ketahanan air terbaik sebesar 36,825 % (Darni and Utami, 2009).

Hasil penelitian penggunaan komposit dengan *Hight Dencity Polyethylene* (HDPE) diantaranya adalah pembuatan komposit serat kurma date palm fiber (DPF) dengan polyvinyl chloride (PVC)-HDPE menunjukkan peningkatan kinerja serapan air, morfologi, termal, mekanik, dinamik-mekanik, reologi, dan air dari komposit dengan penambahan DPF yang dimodifikasi (Maou *et al.*, 2021). Pembuatan komposit serat ensete dengan maleat anhidrat dan HDPE menunjukkan bahwa penambahan serat ensete mengakibatkan komposit menjadi lebih kaku dan keras yang menyebabkan penurunan perpanjangan putus. Penambahan 5 wt% compatibilizer malet anhidrida ke dalam 25 wt% serat ensete HDPE meningkatkan adhesi serat-matriks (Negawo *et al.*, 2021). Pembuatan komposit serat ampas tebu dengan HDPE menunjukkan bahwa kekuatan tarik tertinggi diperoleh pada komposisi plastik HDPE dan serat ampas tebu volume sebesar 60% : 40% dengan nilai rerata 15.5 MPa, sedangkan kekuatan bending tertinggi

diperoleh pada komposisi plastik HDPE dan serat ampas tebu volume sebesar volume 60% : 40% dengan nilai rerata 16.8 MPa (Margono *et al.*, 2020). Pembuatan komposit beton dengan limbah HDPE menunjukkan bahwa kekuatan tekan beton terbesar diperoleh pada pemberian suhu sampai 90° C yakni sebesar 13,16 MPa, dan pada beton yang dicampur dengan 20% limbah HDPE menghasilkan kuat tekan beton sebesar 11,08 MPa (Al Fajr and Setiawan, 2019). Penelitian pembuatan komposit limbah HDPE dengan *Cantula* menunjukkan bahwa penambahan tekanan pengepresan menyebabkan peningkatan kekuatan bending komposit. Kekuatan bending tertinggi dihasilkan pada komposit dengan tekanan 50 bar dengan nilai sebesar 38.90 MPa (Ratmanto, Raharjo and Triyono, 2012). Penelitian High Density Polyethylene (HDPE) dan hydroxyapatite (HAp) untuk membentuk tulang sintetik dengan irradiasi gamma menunjukkan bahwa kekerasan komposit meningkat dari nilai 65 shore A hingga 69,5 shore A dengan waktu pemanasan 1 jam, 2 jam, dan 86 shore A dengan dosis radiasi 50 kGy untuk sampel komposit HDPE-HAp (2:1), permukaan komposit yang kompak dan HAp terikat secara fisik (Giat *et al.*, 2015). Penelitian analisis kekuatan tarik pada material komposit dengan serat penguat polimer menunjukkan bahwa serat fiberglass memiliki kekuatan tarik tertinggi yaitu sebesar 17,31 MPa, sedangkan, komposit dengan serat HDPE memiliki kekuatan tarik terendah yaitu sebesar 11,36 MPa, serta komposit dengan serat PET memiliki regangan tertinggi yaitu sebesar 1,87 %, dan ketiga komposit tersebut bersifat getas (Diana, Safitra and Ariansyah, 2020). Penelitian papan dari komposit limbah HDPE menunjukkan bahwa pada temperatur 210°C, papan komposit memiliki rongga lebih sedikit dibandingkan dengan temperatur dibawahnya. Nilai kekuatan tarik cenderung menurun dengan bertambahnya temperatur, kekuatan tarik tertinggi pada temperatur 170°C sebesar 11,630 MPa (Johari and Santoso, 2021). Pembuatan plastik biodegradabel dari komposit pati menunjukkan bahwa adanya compatibilizer



LLDPE/HDPE-g-MA menghasilkan sifat mekanik lebih baik (Waryat, Muhammad Romli, Ani Suryani, Indah Yuliasih, 2013).

Penelitian penanganan air asam tambang batubara yang telah dilakukan antara lain adalah bahwa sistem pengolahan pasif hampir selalu digunakan sebagai solusi permanen untuk berbagai jenis air asam tambang (AMD) dengan biaya yang jauh lebih rendah dibandingkan dengan proses pengolahan aktif, dan sangat sesuai untuk pengolahan air asam tambang dengan laju alir serta asiditas yang rendah (Said, 2014). Metode aktif dengan bahan kimia untuk menetralkan dan mengurangi logam berat dengan *active treatment* adalah dengan penambahan bahan kimia  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Ca(OH)}_2$ ,  $\text{NaOH}$  dan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  dan *passive treatment* yaitu *aerobic* dan *anaerobic wetland*; limestone ponds, open limestone channels (OLC), reaktor aliran vertikal, kolam pengendapan, sumur pengalihan kapur, dan anoxic limestone drains (ALD) (H .L. Yadav, 2015). Penelitian tentang dosis kapur tohor yang efektif untuk menetralkan air asam tambang pada skala laboratorium adalah 0,4 gr/L untuk pH air antara 2,4 sampai 3,2 dan 0,3 gr/L untuk pH air antara 3,3 sampai 4,0 (Tyas *et al.*, 2017), pemakaian kapur tohor secara aktif di saluran inlet lebih menghemat pembiayaan sebesar Rp. 93.750,-/ jam jika dibandingkan jika menggunakannya pada saluran outlet (Nurisman, Cahyadi and Hadriansyah, 2012). Perlakuan AAT oleh batu gamping di mana 40 g batu kapur mampu menyerap Fe dan Mn 95% dan 82% dalam 200 ml sampel drainase asam tambang, dengan kinetika mengikuti isoterm Langmuir dan Freundlich (Akbara, Azizb and Adlan, 2016). Pengolahan dengan bentonite dan limestone memberikan hasil bahwa bentonit yang tidak diaktifkan (1%) dicampur dengan 1% batu kapur, pH akhir yang diperoleh sekitar 7 dan efisiensi penyisihan logam lebih besar dari 60% untuk sebagian besar logam (Desta, 2013). Pengolahan air asam tambang batubara yang dilakukan di PT. Jorong Barutama Grenstone (JBG) dengan menggunakan

fitoremediasi purun tikus (*Eleocharis dulcis*) mempunyai kemampuan menyerap Fe berkisar antara 26,92 mg/g sampel – 91,76 mg/g sampel Mn berkisar antara 0,0596 mg/g sampel – 0,2364 mg/g dalam waktu kontak 12 minggu (Ariyani *et al.*, 2014). Pengolahan secara biologi menggunakan proses anaerobik dapat mengurangi sulfat sekitar 87% dan besi (Swetti JHA, 2013). Metode elektrokimia untuk pengolahan AAT adalah pengurangan logam dicapai khususnya, Zn dan Mn yang mencapai 95-97%. (Luptakova *et al.*, 2012). Penanganan limbah cair Fe dan Mn telah dilakukan, dengan proses elektrokoagulasi, model kinetika adsorpsi adalah isoterm Langmuir dan Freundlich (Meidinariasty and Purnamasari, 2015). Penelitian tentang adsorpsi Fe(III) oleh arang kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) termodifikasi kitosan-glutaraldehid dimana pH dan waktu optimum adsorpsi Fe<sup>3+</sup> terjadi pada pH 4 dan waktu 45 menit dengan kapasitas adsorpsi sebesar 1,011mg/g dan % *recovery* sebesar 96,25% (Utami, Nurmasari and Murliana, 2014), Mn (II) pH optimum terjadi pada pH 5 dengan nilai adsorpsi sebesar 13,27%, waktu optimum terjadi pada 45 menit dengan nilai dan kapasitas adsorpsi mengikuti model isoterm Langmuir yaitu sebesar 1,03 mg/g. Hasil persen *recovery* sebesar 95,72% (Utami, Umaningrum and Shaumi, 2015).

Hasil penelitian terdahulu terkait pemanfaatan bulu unggas dan pembuatan komposit dari plastik dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

SEKOLAH PASCASARJANA

**Tabel 1** Penelitian tentang keratin dari bulu unggas dan Komposit dari Plastik LDPE dan HDPE

No	Peneliti dan Tahun	Judul Penelitian	Fokus penelitian	Hasil Penelitian
1.	Chowdhury, S. & Saha, P. Das, 2012	Biosorption of methylene blue from aqueous solutions by a waste biomaterial: hen feathers.	adsorpsi bulu ayam terhadap <i>Metilen Blue</i>	kapasitas adsorpsi bulu ayam terhadap <i>Metilen Blue</i> sebesar 134,76 mg/gr
2.	Khosa, M.A., J. Wu, & A. Ullah, 2013	Chemical Modification, Characterization, and Application of Chicken Feathers as Novel Biosorbents	adsorpsi As(III) oleh bulu ayam termodifikasi 6% CH <sub>3</sub> OH dan 2% HCl	Keratin dari bulu ayam termodifikasi 6% CH <sub>3</sub> OH dan 2% HCl pada pH 4 dan waktu kontak 60 menit memiliki kapasitas adsorpsi 80-90% lebih tinggi jika dibandingkan dengan penambahan larutan NaOH dan Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>
3.	Khumairoh, W., R. Hastuti, & A. Haris, 2013	Pengaruh Penambahan Asam Askorbat Pada Bulu Ayam Sebagai Adsorben Terhadap Kemampuan Adsorpsi Ion Logam Kadmium (Cd <sup>2+</sup> ) dalam Larutan	adsorpsi Cd(II) oleh bulu ayam termodifikasi asam askorbat	adsorpsi ion Cd <sup>2+</sup> menggunakan bulu ayam termodifikasi asam askorbat menghasilkan kapasitas adsorpsi sebesar 26,32 mg/g pada pH 7 dengan waktu kontak 40 menit.

No	Peneliti dan Tahun	Judul Penelitian	Fokus penelitian	Hasil Penelitian
4.	Latifah dkk.,2014	Bulu ayam yang teraktivasi Na <sub>2</sub> S sebagai penyerap Pb	Adsorpsi Pb(II) oleh bulu ayam yang teraktivasi Na <sub>2</sub> S	bulu ayam yang teraktivasi Na <sub>2</sub> S mampu menyerap Pb sebesar 98.69% dan penyerapan Pb oleh bulu ayam ini mengikuti isotherm Freundlich
5.	Nor, dkk, 2014	Sintesis Biomassa Bulu Ayam Teraktivasi NaOH/Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> Aplikasinya Penurun Kadar Tembaga Limbah Elektroplating	Adsorpsi Cu(II) oleh bulu ayam	adsorpsi logam Cu pada limbah elektroplating menggunakan NaOH/Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> menghasilkan kapasitas adsorpsi sebesar 38,43 mg/g pada pH 5 dengan waktu kontak 80 menit
6.	Reynel-avila, H.E. et al, 2012	Competitive sorption of Pb, Cd and Ni from binary aqueous solutions by chicken feathers	Adsorpsi Pb(II), Cd(II), Ni(II) oleh bulu ayam	Adsorpsi oleh bulu ayam ion Cd <sup>2+</sup> dan Ni <sup>2+</sup> secara signifikan dipengaruhi oleh Pb <sup>2+</sup> dan untuk proses desorpsi baik Pb <sup>2+</sup> dan Cd <sup>2+</sup> layak digunakan CH <sub>3</sub> COOH dan HCl pada konsentrasi rendah, namun tidak cocok untuk Ni <sup>2+</sup>



No	Peneliti dan Tahun	Judul Penelitian	Fokus penelitian	Hasil Penelitian
7.	Sa'adah, N., R.,Hastuti, N.B.A. Prasetya, 2013	Pengaruh asam formiat pada bulu ayam sebagai adsorben Terhadap penurunan kadar larutan zat warna Tekstil Remazol Golden Yellow RNL	adsorpsi <i>Remazol Golden Yellow RNL</i> oleh keratin dari bulu ayam dengan asam formiat	Kapasitas adsorpsi <i>Remazol Golden Yellow RNL</i> oleh keratin dari bulu ayam dengan perlakuan asam formiat sebesar 10,471 mg/g
8.	Wang, H., X.Y. Jin, & H.B. Wu, 2014	Adsorption and Desorption Properties of Modified Feather and Feather/PP Melt-Blown Filter Cartridge of Lead Ion ( $Pb^{2+}$ )	Adsorpsi ion $Pb^{2+}$ menggunakan bulu ayam termodifikasi $Na_2S_2O_5$	Adsorpsi ion $Pb^{2+}$ menggunakan bulu ayam termodifikasi $Na_2S_2O_5$ menghasilkan kapasitas adsorpsi sebesar 11,16 mg/g dengan waktu kontak 60 menit
9.	Ji et al. 2014	Keratin Extracted from Chicken Feather Waste: Extraction, Preparation, and Structural Characterization of the Keratin and Keratin/Biopolymer Films	Ekstraksi keratin dengan natrium bisulfit	kadar natrium bisulfit, yang optimum adalah 0,2 M dengan hasil sebesar 87,6%

No	Peneliti dan Tahun	Judul Penelitian	Fokus penelitian	Hasil Penelitian
		and Electrospuns		
10.	Costa et al. 2014	Bioremoval of arsenite and sulfate by a mixed culture with sulfate-reducing capacity growing on powdered chicken feathers	Pengurangan As (III) oleh bubuk bulu ayam	bubuk bulu ayam ternyata pengurangan arsenik meningkat dari 38% (laktat, COD / sulfat = 0,67) menjadi 80% oleh bubuk bulu ayam dan laktat, ini menunjukkan bahwa ini adalah cara alternatif untuk pengurangan arsenit yang tidak memerlukan penggunaan oksidator kuat untuk mempromosikan oksidasi As (III) ke (V)
11.	Reddy et al. 2013	Preparation of regenerated keratin sponge from waste feathers by a simple method and its potential use for oil adsorption	Keratin untuk adsorpsi minyak	keratin yang telah diaktivasi dengan Na <sub>2</sub> S sangat potensial sebagai penyerap minyak
12.	Li et al. 2017	Removal of Amoxicillin in Aqueous Solution by a Novel	Keratin removal amoxicilin	ketika dan kesetimbangan dari removal amoxicilin menggunakan

No	Peneliti dan Tahun	Judul Penelitian	Fokus penelitian	Hasil Penelitian
		Chicken Feather Carbon: Kinetic and Equilibrium Studies		karbon dari bulu itik mengikuti isoterm Freundlich
13.	Jin et al., 2013	Duck feather/nonwoven composite fabrics for removing metals present in textile dyeing effluents	adsorpsi Cu(II) dan Cr(VI) komposit bulu itik dengan NaOH	Pembuatan komposit bulu itik dengan NaOH menunjukkan sifat mekanik yang baik dan kapasitas adsorpsi Cu <sup>2+</sup> dan Cr <sup>6+</sup> dalam konsentrasi yang lebih tinggi
14.	Sousa, J., Freitas, O.M. & Figueiredo, S.A., 2012	Basic dyestuffs removal from textile effluents using feathers: Equilibrium, kinetic and column studies	Adsorpsi Dark Blue Astrazon 2RN (DBA) oleh bulu <i>gallinaceous</i>	Bulu <i>gallinaceous</i> pada pewarna tekstil Dark Blue Astrazon 2RN (DBA), menunjukkan bahwa kondisi optimal dipilih adalah 45°C dan pH 9.
15.	El-gabry, El-kheir, Salama, Mowa, & El-sayed, 2016	Acrylic / keratin composite of enhanced dyeability towards cationic and anionic dyes Coloration Technology	komposit keratin dengan akrilik	Terjadi pembentukan komposit baru yang mengandung gugus fungsi karakteristik pada makromolekul akrilik dan biopolimer keratin. Permukaan film akrilik ditemukan morfologi yang tidak teratur dan heterogen

No	Peneliti dan Tahun	Judul Penelitian	Fokus penelitian	Hasil Penelitian
16.	Flores-Hernandez, C.G. et al, 2014	All green composites from fully renewable biopolymers: Chitosan-Starch reinforced with Keratin from feathers	Komposit keratin-kitosan	pembuatan komposit kitosan menghasilkan bahwa penambahan keratin meningkatkan stabilitas
17.	Ramirez et al. 2017	Isolation and characterization of biofunctional keratin particles extracted from wool wastes	Film keratin dengan asam sitrat	Asam sitrat yang dicampur dalam air untuk menghasilkan transparan film yang baik, hal ini disebabkan karena kemampuan asam sitrat untuk mengikat makromolekul keratin oleh ikatan hidrogen. Kehadiran asam sitrat dalam larutan berair meningkatkan isi struktur helix alfa dalam film, dengan pengurangan jumlah rantai samping dan konformasi yang tidak teratur dalam struktur makromolekul keratin.



No	Peneliti dan Tahun	Judul Penelitian	Fokus penelitian	Hasil Penelitian
18.	Ramakrishnan et al. 2018	Keratin based bioplastic film from chicken feathers and its characterization	Bioplastic keratin	Bioplastik dari keratin menunjukkan bahwa bioplastik yang terbuat dari keratin dengan 2% gliserol memiliki sifat mekanis dan termal terbaik. Menurut uji biodegradabilitas, semua bioplastik yang diproduksi terbukti dapat terurai
19.	Saravanan et al. 2013	Chitosan scaffolds containing chicken feather keratin nanoparticles for bone tissue engineering	Nanopartikel keratin/kitosan	Matriks chitosan dan tidak mengubah sifat semi-kriстал keratin, dengan demikian, nanopartikel Keratin /Kitosan potensial diaplikasikan untuk rekayasa jaringan tulang
20.	Park et al. 2013	Preparation and characterization of keratin-based biocomposite hydrogels prepared by electron beam irradiation	Hydrogel keratin dengan menggunakan poliatilen imin (PEI)	Aditif polietilen imin (PEI) secara signifikan mempengaruhi laju pembentukan gel dan bahwa PEI berfungsi sebagai akselerator selama gelasi hidrogel berbasis keratin

No	Peneliti dan Tahun	Judul Penelitian	Fokus penelitian	Hasil Penelitian
21.	Mori & Hara 2018	Transparent biocompatible wool keratin film prepared by mechanical compression of porous keratin hydrogel	Hidrogel keratin	Keratin film memiliki kekuatan mekanik yang lebih tinggi dari hidrogel keratin pada uji tarik. Modulus Young dari film keratin dan hidrogel keratin adalah $0,582 \pm 0,294$ MPa dan $0,041 \pm 0,008$ Mpa
22.	Esparza et al. 2018	Hydrogels from feather keratin show higher viscoelastic properties and cell proliferation than those from hair and wool keratins	Hidrogel keratin	hidrogel dari keratin bulu ayam menunjukkan modulus penyimpanan yang lebih tinggi ( $G'$ ) dibandingkan hidrogel rambut dan wol keratin., namun kapasitas pembengkakan yang lebih tinggi ( $> 3000\%$ )
23.	Nakata et al. 2015	Preparation of keratin and chemically modified keratin hydrogels and their	Hydrogel keratin	hidrogel dibuat dari keratin dengan tiga cara modifikasi secara kimia yaitu keratin acetamidated (AAK), karboksimetilasi keratin (CMK) dan

No	Peneliti dan Tahun	Judul Penelitian	Fokus penelitian	Hasil Penelitian
		evaluation as cell substrate with drug releasing ability		keratin aminoetilasi (AEK). Dimana hidrogel keratin AAK, merupakan biomaterial yang menjanjikan sebagai substrat sel dan pembawa pelepasan obat yang berkelanjutan
24.	Bertini et al. 2013	Wool keratin-polypropylene composites: Properties and thermal degradation	komposit keratin dengan polipropilen	komposit dari keratin dengan maleat anhidrida dicangkokkan, dimana polipropilen digunakan sebagai compatibilizer, dimana terjadi peningkatan laju kristalisasi polipropilen dan peningkatan stabilitas termal pada berbagai jumlah keratin dalam komposit
25.	Ma et al. 2016	Pure keratin membrane and fibers from chicken feather	Membran keratin	keratin yang diregenerasi mempertahankan struktur kimianya dan stabilitas termal. Kekuatan mekanis menunjukkan bahwa kekuatan tarik membran keratin sebesar 3,5 MPa, dan memiliki aplikasi potensial di bidang biomedis

No	Peneliti dan Tahun	Judul Penelitian	Fokus penelitian	Hasil Penelitian
26.	Poole & Church 2015	The effects of physical and chemical treatments on Na <sub>2</sub> S produced feather keratin films	Film keratin dengan Na <sub>2</sub> S	Ekstraksi keratin dengan Na <sub>2</sub> S ditemukan lebih unggul daripada filem protein regenerasi lainnya. Peningkatan yang signifikan dicapai dengan merendam film dalam isopropil alkohol atau asam lemah (13 sampai 50% meningkat) atau dengan ikatan silang formaldehid atau glutaraldehid (24 hingga 40% meningkat)
27.	Spiridon et al. 2013	Influence of Keratin on Polylactic Acid/Chitosan Composite Properties. Behavior upon Accelerated Weathering	Komposit keratin dengan asam poliactil dan kitosan	kehadiran keratin meningkatkan ketangguhan dan stabilitas termal komposit.
28.	Estévez-Martínez et	Grafting of Multiwalled	Nanotube keratin	Keratin dari bulu ayam juga



No	Peneliti dan Tahun	Judul Penelitian	Fokus penelitian	Hasil Penelitian
	al. 2013	Carbon Nanotubes with Chicken Feather Keratin		dicangkokkan pada pada permukaan nanotube karbon yang berfungsi menstabilkan keratin
29.	Reddy et al. 2014	Reducing environmental pollution of the textile industry using keratin as alternative sizing agent to poly(vinyl alcohol	Keratin sebagai sizing agent	Keratin memberikan perbaikan kohesi dan kekuatan serupa dengan polivinil alcohol (PVA) pada kain poliester / kapas. Keratin dalam lumpur aktif menunjukkan penurunan besar dalam COD, keratin murah dan biodegradable menunjukkan potensi untuk menggantikan PVA sebagai sizing pada kain
30.	Choi et al. 2015	Keratin/poly (vinyl alcohol) blended nanofibers with high optical transmittance	Keratin/polivinil alkohol	komposit keratin/poli (vinil alkohol) buatan manusia yang menunjukkan menunjukkan bahwa kekuatan tarik dan Young's Modulus dari nano komposit transparan meningkat (19 dan 272.8

No	Peneliti dan Tahun	Judul Penelitian	Fokus penelitian	Hasil Penelitian
				MPa) dibandingkan dengan serat nano PVA (10.7 dan 72,4 MPa)
31.	Sun et al. 2018	Effects of feather-fiber reinforcement on poly(vinyl alcohol)/clay aerogels: Structure, property and applications	Keratin/polivinil alkohol	serat keratin yang berasal dari bulu ayam, yang dibuat melalui metode pengeringan beku yang nyaman dan ramah lingkungan, ternyata serat keratin meningkatkan kinerja mekanik, serta penurunan konduktivitas termal, sifat insulasi mekanik dan termal telah terbukti meningkat dengan jumlah serat keratin
32.	Zahra et al. 2018	Preparation and characterization of magnetic keratin nanocomposite	Keratin nanokomposit	nanokomposit memiliki diameter rata-rata 15,0 nm dan struktur inti-shell dengan ketebalan shell rata-rata sekitar 1,3 nm dan nanokomposit juga menunjukkan kemampuan yang baik

No	Peneliti dan Tahun	Judul Penelitian	Fokus penelitian	Hasil Penelitian
				dari Cu (II) adsorpsi dibandingkan dengan telanjang Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> dan KNP dengan menghilangkan hingga 98% Cu (II)
33.	Zhang et al. 2013	Isolation and characterization of biofunctional keratin particles extracted from wool wastes.	Analisa FTIR keratin dari wol	Ekstraksi keratin dari wol menunjukkan bahwa hasil spektroskopi Fourier Transformasi Infra Red (FTIR) menunjukkan ikatan disulfida (S-S) dari dipecah secara menyeluruh dalam proses hidrolisis pada lingkungan asam
34.	Barone and Schmidt & 2005	Polyethylene reinforced with keratin fibers obtained from chicken feathers	Komposit bulu ayam dengan polimer LDPE	Keratin bulu ayam bertindak untuk memperkuat matriks polimer LDPE Keratin bulu ayam dapat langsung dimasukkan ke dalam polimer menggunakan teknik pencampuran termomekanis
35.	Shen <i>et al.</i> & 2018	A new strategy to produce low-	Komposit polimer LDPE	Komposit <i>Low Dencity Polyethylene</i>

No	Peneliti dan Tahun	Judul Penelitian	Fokus penelitian	Hasil Penelitian
		density polyethylene (LDPE)-based composites simultaneously with high flame retardancy and high mechanical properties		(LDPE) dengan magnesium hidroksida (MH) dan lauril akrilat dengan radiasi berkas elektron menunjukkan bahwa radiasi berkas elektron dapat mendorong ikatan silang lauril akrilat, yang secara signifikan meningkatkan sifat mekanik komposit LDPE
36.	Dong <i>et al.</i> & 2019	Characterization of new active packaging based on PP/LDPE composite films containing attapulgite loaded with Allium sativum essence oil and its application for large yellow croaker ( <i>Pseudosciaena crocea</i> ) fillets	Komposit PP/LDPE	Kemasan dari PP/LDPE + Attapulгите (AT) dan Allium sativum essence oil (AEO) menunjukkan sifat fisik yang baik dan kinerja pengawetan yang sangat baik
37.	Moreno, Hirayama dan Saron & 2018	Accelerated aging of pine wood waste/recycled LDPE composite	Komposit LDPE dengan limbah kayu pinus	Komposit yang dihasilkan dari limbah LDPE dan limbah kayu pinus pada



No	Peneliti dan Tahun	Judul Penelitian	Fokus penelitian	Hasil Penelitian
				70/30% berat menunjukkan ketahanan yang lebih tinggi
38.	Molina Flores <i>et al.</i> & 2020	Development of a new compound based on low-density polyethylene degraded with zeolite waste for the removal of diesel from water	Komposit LDPE dengan zeolit	Komposit LDPE dengan zeolit dapat menghilangkan solar dari air hingga 39%
39.	Samah dkk & 2017	Karakterisasi Plastik Biodegradabel dari LDPE-g-MA Dan Pati Tandan Kosong Sawit	Komposit LDPE g MA	Pemanfaatan tandan kosong sawit termodifikasi maleat anhidrida menunjukkan bahwa perbandingan limbah LDPE, pati TKS, maleat anhidrida, benzoil peroksida 60:40:1:1 memiliki kemampuan terurai pada tanah sampah yang terbaik yaitu sebesar 9,032%
40.	Maou <i>et al.</i> & 2021	Effect of various chemical modifications of date palm fibers (DPFs) on the thermo-physical	Komposit dengan HDPE	Komposit serat kurma date palm fiber (DPF) dengan polyvinyl chloride (PVC)-HDPE menunjukkan

No	Peneliti dan Tahun	Judul Penelitian	Fokus penelitian	Hasil Penelitian
		properties of polyvinyl chloride (PVC)–high-density polyethylene (HDPE) composites		peningkatan kinerja serapan air, morfologi, termal, mekanik, dinamik-mekanik, reologi, dan air dari komposit dengan penambahan DPF yang dimodifikasi
41.	Negawo, Polat dan Kilic & 2021		Komposit serat ensete dengan HDPE	Komposit serat ensete dengan maleat anhidrat dan HDPE menunjukkan bahwa penambahan serat ensete mengakibatkan komposit menjadi lebih kaku dan keras yang menyebabkan penurunan perpanjangan putus. Penambahan 5 wt% compatibilizer malet anhidrida ke dalam 25 wt% serat ensete HDPE meningkatkan adhesi serat-matriks
42.	Margono <i>et al.</i> & 2020	Analisis Sifat Mekanik Material Komposit Plastik Hdpe	Komposit serat ampas tebu dengan HDPE	komposit serat ampas tebu dengan HDPE menunjukkan bahwa kekuatan

No	Peneliti dan Tahun	Judul Penelitian	Fokus penelitian	Hasil Penelitian
		Berpenguat Serat Ampas Tebu Ditinjau dari Kekuatan Tarik dan Bending		tarik tertinggi diperoleh pada komposisi plastik HDPE dan serat ampas tebu volume sebesar 60% : 40% dengan nilai rerata 15.5 MPa, sedangkan kekuatan bending tertinggi diperoleh pada komposisi plastik HDPE dan serat ampas tebu volume sebesar volume 60% : 40% dengan nilai rerata 16.8 MPa
43.	Al Fajr dan Setiawan & 2019	Penggunaan Material Limbah High Density Polyethylene (HDPE) Sebagai Bahan Pengganti Agregat Kasar Pada Campuran Beton	Komposit beton dengan limbah HDPE	Komposit beton dengan limbah HDPE menunjukkan bahwa kekuatan tekan beton terbesar diperoleh pada pemberian suhu sampai 90° C yakni sebesar 13,16 MPa, dan pada beton yang dicampur dengan 20% limbah HDPE menghasilkan kuat tekan beton sebesar 11,08 MPa

No	Peneliti dan Tahun	Judul Penelitian	Fokus penelitian	Hasil Penelitian
44.	Ratmanto, Raharjo dan Triyono & 2012	Pengaruh Tekanan Pengepresan terhadap Kekuatan Bending	Komposit limbah HDPE dengan <i>Cantula</i>	Komposit limbah HDPE dengan <i>Cantula</i> menunjukkan bahwa penambahan tekanan pengepresan menyebabkan peningkatan kekuatan bending komposit. Kekuatan bending tertinggi dihasilkan pada komposit dengan tekanan 50 bar dengan nilai sebesar 38.90 MPa
45.	Waryat, Muhammad Romli, Ani Suryani, Indah Yuliasih & 2013	Plastik Biodegradabel Berbahan Baku Komposit Pati Termoplastik-LLDPE / HDPE	Komposit pati dengan HDPE	Plastik biodegradabel dari komposit pati menunjukkan bahwa adanya compatibilizer LLDPE/HDPE-g-MA menghasilkan sifat mekanik lebih baik
46.	Mirdayanti, 2018	Identifikasi Keratin dari Ekstraksi Limbah Bulu Ayam	Gugus fungsi keratin	Analisis gugus fungsi keratin menunjukkan bahwa adanya ikatan C-N Amina, munculnya vibrasi N-H amina protein dan gugus karbonil C = O dan gugus O-H



No	Peneliti dan Tahun	Judul Penelitian	Fokus penelitian	Hasil Penelitian
47.	Patankar <i>et al.</i> , 2021	Chemically modified wool waste keratin for flame retardant cotton finishing	Gugus fungsi keratin	FTIR dari keratin menunjukkan pita serapan pada 3430-3280 cm <sup>-1</sup> dikaitkan dengan getaran regangan N-H yang menandakan amida A. Puncak sekitar 1625 cm <sup>-1</sup> termasuk dalam getaran amida. Puncak serapan pada 1541 cm <sup>-1</sup> (bidang N-H lentur amida II). 1398 cm <sup>-1</sup> (pita amida III) dan 1087 cm <sup>-1</sup> (pita regangan C-N yang tajam
48.	Kamarudin et al. 2017	Statistical investigation of extraction parameters of keratin from chicken feather using Design-Expert.	Analisa FTIR keratin dari bulu ayam	Keratin dari bulu ayam , menunjukkan bahwa pada bilangan gelombang 1261 dan 1262 cm <sup>-1</sup> menandai adanya kelompok asam karboksilat. Pita pada 3369 dan 3376 cm <sup>-1</sup> menunjukkan gugus amida, sedangkan penyerapan 2361 cm <sup>-1</sup> dikaitkan dengan gugus amina

No	Peneliti dan Tahun	Judul Penelitian	Fokus penelitian	Hasil Penelitian
49.	Hamouche et al. 2018	Humidity Sensor Based on Keratin bio Polymer Film. <i>Sensors and Actuators,</i>	Analisa FTIR ekstarsksi keratin dengan NaOH	keratin dengan NaOH dihasilkan bahwa struktur utama amida I, amida II dan amida III dipertahankan, yang menunjukkan bahwa ikatan peptida (-CONH) tidak sangat terpengaruh dalam proses hidrolisis basa. Pada bilangan gelombang $3265\text{ cm}^{-1}$ , adanya peregangan OH dan NH (amida A), dan pada $2916\text{ cm}^{-1}$ dikaitkan dengan vibrasi $\text{CH}_3$ peregangan simetris, sedangkan amida I terhubung terutama dengan vibrasi peregangan C=O dan terjadi pada rentang ( $1700\text{-}1600\text{ cm}^{-1}$ )
50.	Sa'adah N, R. Hastuti, 2013	Pengaruh Asam Formiat pada Bulu Ayam sebagai Adsorben terhadap Penurunan Kadar	Analisa FTIR keratin dari bulu ayam	keratin dari bulu ayam yang lain menunjukkan munculnya serapan dengan bilangan gelombang $3294\text{ cm}^{-1}$

No	Peneliti dan Tahun	Judul Penelitian	Fokus penelitian	Hasil Penelitian
		Larutan Zat Warna Tekstil Remazol Golden Yellow RNL		<p>menunjukkan rentang vibrasi ulur O-H simetris N-H, diperkuat dengan adanya N- H tekuk yang menyerap dekat 1543 <math>\text{cm}^{-1}</math> .Vibrasi ulur C-N memberikan serapan pada 1242 <math>\text{cm}^{-1}</math>. Vibrasi ulur C-H muncul pada serapan 2931 <math>\text{cm}^{-1}</math> yang diperkuat serapan C-H tekuk pada 1450 <math>\text{cm}^{-1}</math>. Adanya serapan 1650 <math>\text{cm}^{-1}</math> menandai terdapatnya serapan C=O, serapan 1242 <math>\text{cm}^{-1}</math> menandai vibrasi ulur rentangan dari C-O asam karboksilat. Pita O-H vibrasi ulur muncul pada serapan 3387 <math>\text{cm}^{-1}</math>, diperkuat serapan vibrasi tekuk O-H asam karboksilat memberikan serapan pada 1396 <math>\text{cm}^{-1}</math>. Vibrasi ulur S-H muncul pada 2345 <math>\text{cm}^{-1}</math> sedangkan vibrasi tekuk</p>

No	Peneliti dan Tahun	Judul Penelitian	Fokus penelitian	Hasil Penelitian
				C-S muncul pada $671\text{ cm}^{-1}$
51.	Hamouche et al. 2021	A Comparative Study of Capacitive Humidity Sensor Based on Keratin Film, Keratin/Graphene Oxide, And Keratin/Carbon Fiber	Analisa FTIR keratin dari wol	Keratin dari wol menunjukkan bahwa puncak antara $3200$ dan $3600\text{ cm}^{-1}$ menyajikan getaran peregangan hidroksil ( $-\text{OH}$ ). Puncak i pada $1720\text{ cm}^{-1}$ disebabkan oleh adanya gugus karboksilat regangan $\text{CO}_2$ , pita pada $1620\text{ cm}^{-1}$ ditetapkan ke grup fungsional C-C. Dua puncak adsorpsi sekitar $1228\text{ cm}^{-1}$ dan $1047\text{ cm}^{-1}$ ditetapkan masing-masing untuk epoksi $\text{CO}_2$ dan alkoksi
52.	Cardamone, 2010	Investigating the microstructure of keratin extracted from wool: Peptide sequence (MALDI-TOF/TOF) and protein conformation (FTIR)	Analisa FTIR keratin dari wol	keratin dari wol menunjukkan bahwa $3200$ hingga $2900\text{ cm}^{-1}$ untuk menunjukkan peregangan O-H, N-H, dan C-H, dan spektral Amida I ( $1700\text{--}1600\text{ cm}^{-1}$ ) dan Amida II ( $1545\text{--}1400\text{ cm}^{-1}$ )



No	Peneliti dan Tahun	Judul Penelitian	Fokus penelitian	Hasil Penelitian
53.	Wang <i>et al.</i> , 2018	Extraction of Keratin from Rabbit Hair by a Deep Eutectic Solvent and Its Characterization	Analisa FTIR keratin dari bulu kelinci	Spektrum FTIR dari rambut kelinci menunjukkan penyerapan karakteristik pada $\nu$ 3420, 1650, 1543, 1240, dan 685 $\text{cm}^{-1}$ , berturut-turut menunjukkan N-H lentur (II), amida III (C – N), dan amida IV. Keratin yang dimodifikasi <i>deep eutectic solvent</i> (DES) menunjukkan penyerapan amida I, Selain itu, ikatan penyerapan lemah baru muncul di 1317, 1170, dan 1124 $\text{cm}^{-1}$ penyerapan gugus NH hidrogen terikat (amida A, N-H peregangan), amida I (C = O peregangan), amida II (N-H lentur), amida III (C-N peregangan), dan amida IV. Pita serapan muncul pada 1317, 1170, dan 1124 $\text{cm}^{-1}$ , yang terkait dengan rusaknya ikatan disulfida pada keratin

No	Peneliti dan Tahun	Judul Penelitian	Fokus penelitian	Hasil Penelitian
				dan membentuk SH



Berdasarkan kajian yang telah dilakukan oleh penelitian terdahulu, penelitian tentang keratin kebanyakan berasal dari bulu ayam mulai dari isolasi keratin, modifikasi keratin sebagai adsorben untuk logam berat sampai nanokomposit. Penelitian tentang keratin dari bulu itik masih terbatas, sehingga perlu dilakukan penelitian mengenai pembuatan komposit keratin dari bulu itik yang dimodifikasi dengan berbagai zat aktivator dan dipelajari mekanisme reaksi yang terjadi, diuji adsorpsinya terhadap Fe serta diaplikasikan sebagai filter pada pengolahan air asam tambang batubara

#### **D. Tujuan Penelitian**

##### **Tujuan Umum**

Membuat komposit keratin dari bulu itik dengan NaOH, HCl-CH<sub>3</sub>OH dan Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-HDPE, dan menguji adsorpsi terhadap Fe<sup>3+</sup>, serta mengaplikasikan pada pengolahan limbah air asam tambang batubara setelah netralisasi.

##### **Tujuan Khusus**

1. Mensintesis dan mengarakterisasi keratin dari bulu itik dengan metode ekstraksi
2. Mensintesis dan mengarakterisasi komposit HDPE dengan keratin dari bulu itik dengan metode ekstraksi
3. Menguji kinerja komposit HDPE dengan keratin dari bulu itik dengan metode ekstraksi pada penyerapan logam berat Fe

4. Menguji kinerja komposit HDPE dengan keratin dari bulu itik dengan metode ekstraksi untuk aplikasi pengolahan logam berat limbah cair asam tambang batubara

#### **E. Manfaat Penelitian**

1. Hasil penelitian ini diharapkan memberikan manfaat untuk pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi tentang keratin dari bulu itik sebagai penyerap logam berat
2. Memberikan informasi mengenai potensi bulu itik sebagai sumber keratin yang dapat dimanfaatkan sebagai filter pada pengolahan air asam tambang batubara yang mengandung logam berat



SEKOLAH PASCASARJANA