

Pemanfaatan GIS dan Teknologi Informasi dalam Optimalisasi Lokasi Bahan Baku Kulit Durian untuk Industri Berbasis Arsitektur Ramah Lingkungan

Utilization of GIS and Information Technology in Optimizing the Location of Durian Peel Raw Materials for Environmentally Friendly Architecture-Based Industries

Andrew Stefano¹, Sri Endayani^{2*}

¹Program Studi Teknologi Geomatika, Politeknik Pertanian Negeri Samarinda, Indonesia.

²Program Studi Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas 17 Agustus 1945 Samarinda, Indonesia.

*Corresponding Author: nd4.70des@gmail.com

Abstrak

Kulit durian adalah salah satu limbah pertanian yang memiliki potensi besar untuk diolah menjadi produk bernilai tinggi. Namun, pemanfaatannya masih belum optimal karena kurangnya informasi mengenai lokasi strategis bahan baku ini. Artikel ini bertujuan untuk membahas penggunaan Sistem Informasi Geografis (GIS) dan teknologi IT dalam mengidentifikasi lokasi optimal bahan baku kulit durian. GIS merupakan alat yang sangat efektif untuk mengumpulkan, mengelola, dan menganalisis data spasial yang berkaitan dengan lokasi bahan baku, sehingga memudahkan dalam menentukan titik-titik strategis untuk pengumpulan kulit durian. Desain arsitektur yang mempertimbangkan aspek keberlanjutan, efisiensi energi, dan minimalisasi dampak lingkungan, fasilitas pengolahan dapat beroperasi lebih efisien dan ramah lingkungan. Teknik industri juga memainkan peran penting dalam meningkatkan efisiensi proses pengolahan. Penerapan teknik industri yang tepat, proses produksi dapat dioptimalkan sehingga menghasilkan produk bernilai tinggi dengan biaya yang lebih rendah. Penggunaan GIS dan teknologi IT, ditambah dengan prinsip arsitektur ramah lingkungan dan teknik industri, dapat memberikan solusi komprehensif untuk mengoptimalkan pemanfaatan kulit durian sebagai bahan baku produk bernilai tinggi.

Kata kunci : Arsitektur Ramah Lingkungan, Bahan Baku, GIS, Kulit Durian

Abstract

Durian peel is one of the agricultural wastes that has great potential to be processed into high-value products. However, its utilization is still not optimal due to the lack of information about the strategic location of this raw material. This article aims to discuss the use of Geographic Information System (GIS) and IT technology in identifying the optimal location of durian peel raw materials. GIS is a very effective tool for collecting, managing, and analyzing spatial data related to the location of raw materials, making it easier to determine strategic points for durian shell collection. Architectural design that considers aspects of sustainability, energy efficiency, and minimizing environmental impact, treatment facilities can operate more efficiently and environmentally friendly. Industrial engineering also plays an important role in improving the efficiency of the processing process. By applying the right industrial techniques, the production process can be optimized to produce high-value products at a lower cost. The use of GIS and IT technology, coupled with the principles of environmentally friendly architecture and industrial engineering, can provide a comprehensive solution to optimize the use of durian peel as a raw material for high-value products.

Keywords: Durian Leather, Eco-Friendly Architecture, GIS, Industrial Engineering, IT, Raw Materials

I. PENDAHULUAN

Indonesia adalah salah satu negara penghasil durian terbesar di dunia. Namun, pengelolaan limbah kulit durian sebagai hasil samping pertanian belum dilakukan secara optimal (Abdul-wahab et al., 2020; Arce et al., 2019; Bao et al., 2019). Pemanfaatan teknologi GIS dan teknologi informasi dapat membantu mengidentifikasi lokasi strategis untuk bahan baku industri (Chhaiba et al., 2018; Clavier et al., 2020; Costa & Ribeiro,

2020). Pendekatan ini juga mempertimbangkan aspek arsitektur ramah lingkungan dan efisiensi dalam teknik industri. Kulit durian adalah salah satu jenis limbah pertanian yang sering kali tidak dimanfaatkan dengan maksimal (Costa & Ribeiro, 2021; Elfaham & Eldemerdash, 2019; Elmrabet et al., 2021). Di banyak daerah, kulit durian biasanya hanya dibuang begitu saja atau digunakan sebagai bahan bakar alternatif dengan nilai ekonomis yang rendah. Padahal, jika diolah dengan baik, kulit durian memiliki

potensi untuk dijadikan berbagai produk bernilai tinggi, seperti pupuk organik, bahan baku industri, hingga produk kesehatan dan kecantikan (Hong & Li, 2011; Ion et al., 2015; Isteri et al., 2022).

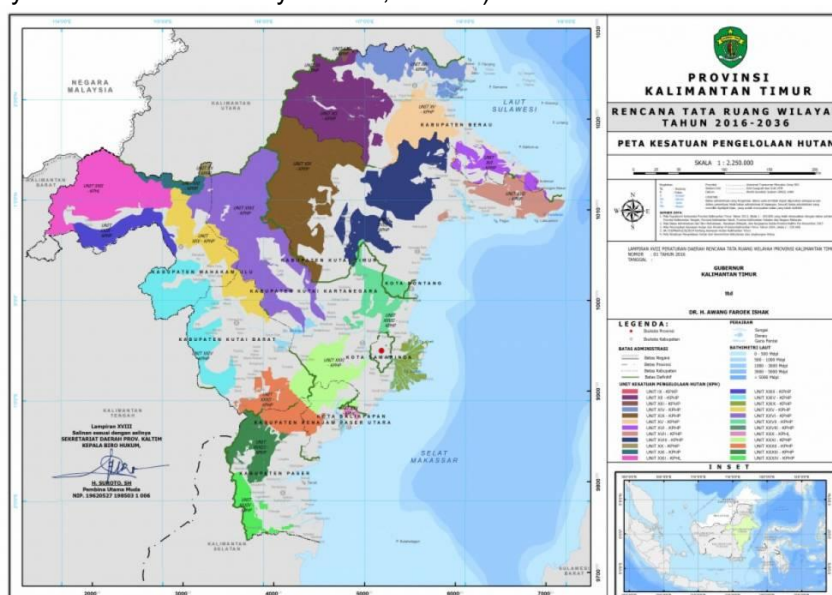
Salah satu kendala utama dalam pemanfaatan kulit durian sebagai bahan baku industri adalah minimnya informasi tentang lokasi strategis dengan ketersediaan kulit durian yang melimpah. Karena itu, informasi ini sangat penting untuk mengoptimalkan proses pengumpulan dan pengolahan kulit durian, sehingga dapat menekan biaya operasional dan meningkatkan efisiensi produksi. Untuk menjawab kebutuhan ini, artikel ini membahas penerapan Sistem Informasi Geografis (GIS) dan teknologi informasi (IT) dalam mengidentifikasi lokasi optimal sebagai sumber bahan baku kulit durian. GIS merupakan alat yang sangat efektif untuk mengumpulkan, mengelola, dan menganalisis data spasial. Melalui pemanfaatan teknologi ini, lokasi strategis dengan ketersediaan kulit durian yang tinggi dapat diidentifikasi, sehingga proses pengumpulan bahan baku menjadi lebih efisien (Kleib et al., 2021; Krour et al., 2020; Li et al., 2014).

Sementara itu, Peta Kesatuan Pengelolaan Hutan (KPH) pada Provinsi Kalimantan Timur merupakan representasi spasial yang mencerminkan wilayah pengelolaan hutan berdasarkan perencanaan tata ruang wilayah tahun 2016-2036. Wilayah ini, yang kaya akan sumber daya alam,

memberikan peluang besar untuk berbagai aktivitas berbasis hutan, termasuk pemanfaatan kulit durian sebagai salah satu potensi limbah organik yang dapat dikembangkan.

Sebaran kulit durian di wilayah ini erat kaitannya dengan distribusi durian sebagai komoditas lokal yang banyak dibudidayakan di daerah-daerah dengan akses ke kawasan hutan. Dengan adanya KPH, potensi pemanfaatan limbah kulit durian dapat dimaksimalkan melalui pengelolaan yang berbasis kawasan. Sebagai contoh, kulit durian dari hasil panen di daerah berbasis agroforestri atau perkebunan yang dekat dengan kawasan KPH dapat diolah menjadi produk bernilai tambah, seperti bahan baku bio energi, pupuk organik, atau material ramah lingkungan.

Di sisi lain, peta ini membantu mengidentifikasi lokasi-lokasi strategis untuk pengumpulan, pengelolaan, dan distribusi kulit durian berdasarkan jaringan aksesibilitas dan batas administratif yang ada. Dengan memadukan data sebaran geografis kulit durian dan rencana pengelolaan KPH, perencanaan pemanfaatan limbah dapat dilakukan secara efisien dan terintegrasi dengan prinsip pembangunan berkelanjutan di Kalimantan Timur. Selain itu, integrasi data ini juga membuka peluang penelitian lebih lanjut untuk memahami potensi tiap KPH dalam mendukung pengelolaan limbah organik berbasis sumber daya lokal (Gambar 1).



Gambar 1. Peta Kesatuan Pengelolaan Hutan

Selain itu, artikel ini juga akan membahas penerapan prinsip-prinsip arsitektur ramah lingkungan dalam pembangunan fasilitas pengolahan kulit durian. Prinsip arsitektur ramah lingkungan mencakup desain yang mempertimbangkan keberlanjutan, efisiensi energi, dan minimalisasi dampak lingkungan. Dengan menerapkan prinsip ini, fasilitas pengolahan kulit durian tidak hanya akan lebih efisien tetapi juga lebih ramah lingkungan (Lin et al., 2017; Lo et al., 2013; Manning et al., 2019).

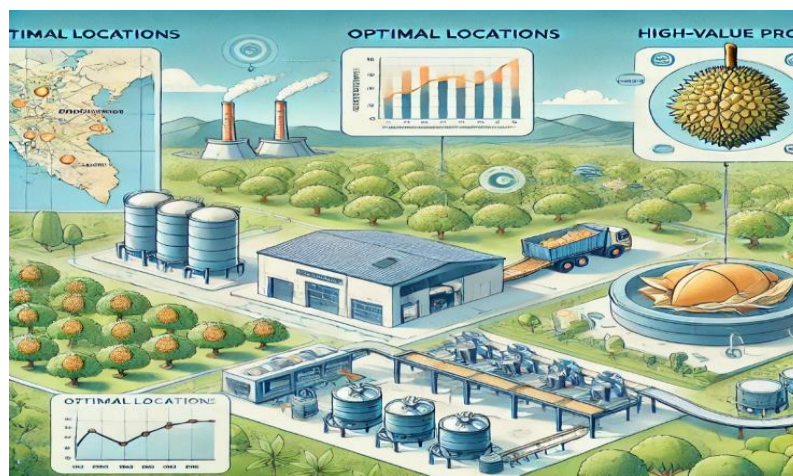
Teknik industri juga memainkan peran penting dalam proses ini. Dengan menggunakan teknik industri yang tepat, proses pengolahan kulit durian dapat dioptimalkan, sehingga menghasilkan produk bernilai tinggi dengan biaya yang lebih rendah (Mikulčić et al., 2016; Özgüner, 2014; P & Swaminathan, 2022). Teknik industri mencakup berbagai metode untuk meningkatkan efisiensi produksi, mengurangi limbah, dan meningkatkan kualitas produk akhir. Secara keseluruhan, penggunaan GIS dan teknologi IT, ditambah dengan penerapan prinsip arsitektur ramah lingkungan dan teknik industri, dapat memberikan solusi yang komprehensif untuk mengoptimalkan pemanfaatan kulit durian. Riset ini bertujuan untuk:

1. Mengidentifikasi lokasi potensial bahan baku kulit durian, menggunakan teknologi GIS (*Geographic Information System*) untuk memetakan dan menganalisis sebaran geografis lokasi pengumpulan kulit durian sebagai bahan baku industri.
2. Menganalisis efisiensi logistik dan distribusi, mengoptimalkan rute

transportasi dan distribusi kulit durian dengan memanfaatkan teknologi IT (komputer), termasuk analisis jaringan (*Network analysis*) untuk mendukung pengelolaan yang lebih efisien.

3. Membangun sistem informasi geografis interaktif, merancang aplikasi berbasis GIS dan teknologi IT untuk memberikan informasi real-times terkait lokasi pengumpulan, volume produksi, serta aksesibilitas lokasi bahan baku kulit durian.
4. Mendukung industri berbasis arsitektur ramah lingkungan, menyediakan data dan analisis yang mendukung pengembangan industri berbasis kulit durian untuk produk ramah lingkungan, seperti bahan bangunan, bio energi, atau material terbarukan, dengan mengintegrasikan prinsip-prinsip arsitektur berkelanjutan.
5. Menghasilkan model pengelolaan terpadu, merumuskan model pengelolaan lokasi bahan baku kulit durian yang terintegrasi dengan aspek teknologi, lingkungan, dan ekonomi, sehingga mendukung pembangunan berkelanjutan di sektor industri hijau.

Dengan mencapai tujuan-tujuan tersebut, riset ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam mendukung pengelolaan limbah kulit durian secara efisien dan ramah lingkungan melalui penerapan GIS dan teknologi IT. Artikel ini diharapkan dapat menjadi referensi yang berguna bagi para peneliti dan praktisi yang tertarik dalam pengolahan limbah pertanian secara efisien dan berkelanjutan (Gambar 2).



Gambar 2. Penggunaan GIS dan teknologi IT

Novelty (Kebaruan)

Artikel ini menawarkan pendekatan inovatif yang mengintegrasikan teknologi GIS dan IT untuk optimalisasi lokasi bahan baku kulit durian, dengan fokus pada penerapan prinsip arsitektur ramah lingkungan dan efisiensi teknik industri. Kebaruan artikel ini meliputi:

- Integrasi multidisiplin. Menggabungkan GIS, IT, arsitektur, dan teknik industri untuk menciptakan solusi komprehensif dan berkelanjutan.
- Pendekatan arsitektur ramah lingkungan. Merancang pabrik pengolahan yang meminimalkan dampak lingkungan dan mengoptimalkan penggunaan energi terbarukan.
- Sistem pemantauan dan manajemen cerdas. Implementasi teknologi IT untuk mengembangkan sistem pemantauan real-time dan manajemen produksi yang efisien.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kualitatif dengan pendekatan studi kasus. Data dikumpulkan melalui survei lapangan, wawancara dengan petani durian, dan analisis peta GIS (Qin et al., 2018; Rezaee et al., 2019; Roychand et al., 2021). Teknologi IT digunakan untuk memproses data dan menghasilkan peta interaktif yang menunjukkan lokasi optimal bahan baku kulit durian. Pendekatan arsitektur ramah lingkungan diterapkan dalam desain pabrik pengolahan untuk meminimalkan dampak lingkungan (Schoon et al., 2015; Studies, 2019; Sugrañez et al., 2013).

1. Pengumpulan data, langkah pertama dalam metode ini adalah pengumpulan data terkait ketersediaan kulit durian di berbagai lokasi. Data ini mencakup informasi mengenai jumlah produksi durian, area pertanian durian, dan musim panen di setiap daerah. Data ini dapat diperoleh dari berbagai sumber seperti dinas pertanian, survei lapangan, dan data satelit.
2. Analisis spasial menggunakan GIS, setelah data terkumpul, tahap selanjutnya adalah analisis spasial menggunakan Sistem Informasi Geografis (GIS). GIS akan digunakan untuk memetakan lokasi-

lokasi dengan ketersediaan kulit durian yang tinggi.

Analisis ini melibatkan beberapa langkah berikut (Telesca et al., 2014; Ulrikh & Butakova, 2016; Velissariou et al., 2019):

1. Pengolahan data spasial, data yang telah dikumpulkan diolah menjadi format yang dapat digunakan oleh GIS. Data ini mencakup koordinat geografis, luas lahan, dan data produksi durian.
2. Pemodelan spasial, menggunakan GIS untuk membuat model spasial yang menunjukkan distribusi kulit durian di berbagai wilayah. Model ini akan membantu dalam mengidentifikasi daerah-daerah yang memiliki potensi tinggi untuk pengumpulan kulit durian.
3. Penentuan lokasi optimal, berdasarkan model spasial yang telah dibuat, dilakukan analisis untuk menentukan lokasi-lokasi optimal untuk pengumpulan dan pengolahan kulit durian. Lokasi optimal dipilih berdasarkan kriteria seperti ketersediaan bahan baku, aksesibilitas, dan kedekatan dengan fasilitas pengolahan.

Penerapan Teknologi IT

Mendukung analisis GIS, diterapkan berbagai teknologi IT seperti sistem database untuk menyimpan dan mengelola data, serta aplikasi pemetaan berbasis web untuk memvisualisasikan data dan hasil analisis. Teknologi IT juga digunakan untuk memfasilitasi komunikasi dan koordinasi antara berbagai pihak yang terlibat dalam proyek ini (Vu et al., 2020; Waltisberg & Weber, 2020; Wang et al., 2019).

Prinsip Arsitektur Ramah Lingkungan

Dalam tahap ini, prinsip-prinsip arsitektur ramah lingkungan diterapkan pada desain fasilitas pengolahan kulit durian. Beberapa aspek yang dipertimbangkan meliputi (Wei & Cheng, 2016; Wu et al., 2018; Yang et al., 2019):

1. Desain bangunan, desain bangunan yang memaksimalkan penggunaan cahaya alami dan ventilasi, serta penggunaan bahan bangunan yang ramah lingkungan.
2. Pengelolaan energi, penerapan teknologi hemat energi seperti panel surya dan sistem pengelolaan energi yang efisien.

3. Pengelolaan limbah, sistem pengelolaan limbah yang efisien untuk meminimalisir dampak lingkungan dari proses pengolahan kulit durian.

Penerapan Teknik Industri

Meningkatkan efisiensi pengolahan kulit durian, diterapkan berbagai teknik industri seperti (Yao et al., 2020; Yu et al., 2020; Zhang et al., 2014; Zhao et al., 2017):

1. Optimalisasi Proses Produksi: Analisis dan perbaikan proses produksi untuk mengurangi waktu dan biaya produksi.
2. Penggunaan Mesin dan Peralatan Efisien: Pemilihan dan penggunaan mesin dan peralatan yang efisien dan sesuai dengan kebutuhan.
3. Manajemen Kualitas: Penerapan sistem manajemen kualitas untuk memastikan produk yang dihasilkan memiliki kualitas yang tinggi dan konsisten.

Evaluasi dan Monitoring

Tahap terakhir adalah evaluasi dan monitoring dari seluruh proses yang telah dilakukan (Wei & Cheng, 2016; Wu et al., 2018; Yang et al., 2019). Evaluasi dilakukan untuk menilai keberhasilan metode yang diterapkan, sementara monitoring dilakukan secara berkelanjutan untuk memastikan bahwa proses pengolahan kulit durian berjalan dengan baik dan sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan.

Metode yang komprehensif ini, diharapkan pemanfaatan kulit durian sebagai bahan baku produk bernilai tinggi dapat dioptimalkan, sehingga memberikan manfaat ekonomi dan lingkungan yang signifikan (Vu et al., 2020; Waltisberg & Weber, 2020; Wang et al., 2019).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Identifikasi lokasi optimal menggunakan GIS. Melalui analisis GIS, telah berhasil diidentifikasi beberapa lokasi strategis dengan ketersediaan kulit durian yang tinggi. Data menunjukkan bahwa wilayah-wilayah tertentu memiliki produksi durian yang melimpah selama musim panen, terutama di daerah-daerah seperti Kalimantan Timur.

Berdasarkan hasil analisis spasial menggunakan GIS dan teknologi IT, beberapa temuan menunjukkan bahwa lokasi-lokasi

strategis pengumpulan bahan baku kulit durian di Provinsi Kalimantan Timur memiliki aksesibilitas yang mendukung, sehingga mempermudah proses pengumpulan dan pengangkutan bahan baku ke sentra pengolahan. Berikut adalah hasil analisis spasial:

- Kawasan dengan akses jalan utama, daerah yang berada di dekat jaringan jalan utama, seperti Samarinda, Balikpapan, dan Bontang, memiliki tingkat aksesibilitas yang tinggi. Jalur-jalur ini memungkinkan kendaraan logistik untuk mengangkut bahan baku dari kebun ke lokasi pengolahan dengan waktu tempuh yang lebih singkat.
- Proksimitas dengan pelabuhan, lokasi yang berdekatan dengan pelabuhan utama, seperti Pelabuhan Semayang di Balikpapan dan Pelabuhan Lok Tuan di Bontang, memberikan keuntungan dalam distribusi bahan baku atau produk akhir. Kulit durian yang dikumpulkan dari wilayah sekitar dapat dengan mudah diangkut untuk kebutuhan pasar lokal maupun ekspor.
- Akses ke daerah pertanian perkebunan, wilayah Kutai Kartanegara, Paser, dan Berau, yang dikenal sebagai daerah agraris, memiliki aksesibilitas yang baik melalui jalan penghubung kabupaten. Wilayah ini tidak hanya menjadi sumber bahan baku, tetapi juga memungkinkan distribusi ke industri terdekat dengan efisiensi tinggi.
- Ketersediaan fasilitas pendukung, analisis spasial menunjukkan bahwa banyak lokasi pengumpulan berada dekat dengan fasilitas pendukung seperti pasar lokal, gudang penyimpanan, dan terminal angkutan. Hal ini mempermudah pengelolaan rantai pasok kulit durian dari petani hingga industri.
- Integrasi dengan kawasan perkotaan, lokasi-lokasi seperti Samarinda dan Balikpapan, yang merupakan kota dengan aktivitas ekonomi tinggi, berfungsi sebagai pusat logistik yang mendukung pengolahan dan distribusi. Kedekatan dengan kawasan ini meningkatkan efisiensi logistik bahan baku.
- Penggunaan teknologi GIS untuk rute optimal memungkinkan pemetaan rute optimal untuk transportasi bahan baku dari lokasi pengumpulan ke lokasi pengolahan.

Rute-rute ini dipilih berdasarkan jarak terpendek, kondisi jalan, dan hambatan lainnya, sehingga mengurangi biaya operasional dan dampak lingkungan.

Analisis spasial dengan teknologi GIS menunjukkan bahwa aksesibilitas yang baik di wilayah-wilayah pengumpulan bahan baku kulit durian merupakan faktor penting dalam mendukung proses logistik. Data ini memberikan landasan kuat bagi optimalisasi lokasi dan rantai pasok untuk industri berbasis arsitektur ramah lingkungan, serta mendukung efisiensi dan keberlanjutan dalam pengelolaan limbah kulit durian.

Analisis spasial juga menunjukkan bahwa daerah-daerah ini memiliki aksesibilitas yang baik, sehingga memudahkan proses pengumpulan dan pengangkutan bahan baku.

Penggunaan teknologi IT untuk manajemen data. Sistem database yang dirancang mampu menyimpan dan mengelola data secara efisien. Aplikasi pemetaan berbasis web yang dikembangkan memungkinkan visualisasi data yang mudah diakses dan dipahami oleh semua pihak yang terlibat. Teknologi ini tidak hanya membantu dalam proses pengambilan keputusan tetapi juga memfasilitasi koordinasi antara petani, pengumpul, dan pabrik pengolahan.

Desain fasilitas pengolahan dengan prinsip arsitektur ramah lingkungan. Desain bangunan fasilitas pengolahan mengintegrasikan penggunaan cahaya alami dan ventilasi yang optimal, sehingga mengurangi kebutuhan akan energi listrik. Penggunaan bahan bangunan ramah lingkungan, seperti bambu dan kayu daur ulang, turut mengurangi jejak karbon dari konstruksi bangunan. Sistem pengelolaan energi yang diterapkan, termasuk penggunaan panel surya, terbukti efektif dalam mengurangi konsumsi energi dari sumber tidak terbarukan.

Efisiensi proses pengolahan dengan teknik industri. Optimalisasi proses produksi berhasil mengurangi waktu dan biaya produksi secara signifikan. Penggunaan mesin dan peralatan yang efisien, seperti mesin pencacah dan pengering dengan teknologi terbaru, meningkatkan kapasitas produksi tanpa meningkatkan konsumsi energi secara proporsional. Penerapan sistem manajemen kualitas memastikan bahwa produk akhir memiliki standar kualitas yang

tinggi dan konsisten (Lin et al., 2017; Lo et al., 2013; Manning et al., 2019).

Pembahasan

Pentingnya informasi spasial dalam pemanfaatan kulit durian. Hasil analisis GIS menunjukkan betapa pentingnya informasi spasial dalam menentukan lokasi optimal untuk pengumpulan kulit durian. Dengan memetakan daerah-daerah dengan ketersediaan bahan baku yang tinggi, proses pengumpulan dapat dilakukan lebih efisien, mengurangi biaya operasional, dan meningkatkan keuntungan.

Peran teknologi IT dalam pengelolaan data dan koordinasi. Penggunaan teknologi IT dalam manajemen data dan visualisasi informasi mempermudah proses pengambilan keputusan. Aplikasi pemetaan berbasis web tidak hanya memberikan gambaran jelas mengenai distribusi bahan baku tetapi juga memfasilitasi komunikasi antara berbagai pihak yang terlibat dalam rantai pasok. Hal ini menunjukkan bahwa teknologi IT dapat menjadi alat yang sangat efektif dalam pengelolaan sumber daya.

Keberlanjutan dalam desain fasilitas pengolahan. Penerapan prinsip arsitektur ramah lingkungan dalam desain fasilitas pengolahan kulit durian memberikan manfaat jangka panjang baik dari segi ekonomi maupun lingkungan. Desain yang mempertimbangkan efisiensi energi dan penggunaan bahan bangunan ramah lingkungan tidak hanya mengurangi biaya operasional tetapi juga mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan.

Optimalisasi proses pengolahan dengan teknik industri. Optimalisasi proses produksi melalui teknik industri terbukti meningkatkan efisiensi secara signifikan. Dengan mengurangi waktu dan biaya produksi, serta memastikan kualitas produk yang tinggi, teknik ini memberikan nilai tambah yang besar pada pemanfaatan kulit durian sebagai bahan baku industri. Penggunaan mesin dan peralatan yang tepat juga mengurangi limbah dan meningkatkan produktivitas.

Implikasi dan potensi pengembangan lebih lanjut. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pemanfaatan kulit durian dapat dioptimalkan melalui pendekatan yang holistik, menggabungkan GIS, teknologi IT, arsitektur ramah lingkungan, dan teknik industri. Potensi pengembangan lebih lanjut

meliputi eksplorasi produk-produk baru dari kulit durian, serta peningkatan kapasitas produksi dan pengolahan melalui inovasi teknologi. Secara keseluruhan, penelitian ini memberikan kontribusi signifikan dalam mengoptimalkan pemanfaatan limbah pertanian, khususnya kulit durian, untuk menghasilkan produk bernilai tinggi. Pendekatan yang komprehensif dan berkelanjutan ini diharapkan dapat menjadi model bagi pengolahan limbah pertanian lainnya di masa mendatang (Gambar 3).

Peta Kawasan Outline Provinsi Kalimantan Timur tahun 2016-2036 memberikan gambaran tentang klasifikasi wilayah berdasarkan peruntukan fungsi, seperti kawasan lindung, kawasan budidaya, dan kawasan lainnya. Informasi ini dapat dimanfaatkan untuk menganalisis potensi sebaran bahan baku kulit durian sesuai dengan aktivitas agraris dan pemanfaatan lahan.

Sebaran kulit durian sebagai bahan baku dapat dianalisis berdasarkan peta ini dengan pendekatan sebagai berikut:

- Kawasan budidaya pertanian, kawasan yang ditetapkan untuk budidaya pertanian memiliki potensi tinggi sebagai sumber bahan baku kulit durian. Kabupaten seperti Kutai Kartanegara, Berau, dan Paser kemungkinan besar menjadi wilayah penghasil kulit durian karena memiliki lahan luas yang cocok untuk perkebunan buah.
- Kawasan dekat pemukiman, sebaran kulit durian juga akan terpusat di sekitar wilayah pemukiman yang memiliki pasar lokal atau sentra perdagangan. Kawasan di sekitar Samarinda dan Balikpapan diperkirakan memiliki kontribusi signifikan dalam menghasilkan limbah kulit durian karena permintaan pasar yang tinggi untuk durian.
- Aksesibilitas infrastruktur, kawasan dengan akses infrastruktur yang baik, seperti jalan raya atau jalur transportasi utama, akan mendukung distribusi kulit durian ke lokasi pengolahan. Jalur-jalur ini terlihat memotong beberapa kawasan budidaya utama, sehingga memungkinkan pengelolaan yang lebih efisien.

- Kawasan lindung dan konservasi, meskipun kawasan lindung memiliki fungsi utama untuk perlindungan lingkungan, daerah yang berdekatan dengan kawasan ini dapat menjadi sumber bahan baku durian, khususnya di wilayah masyarakat adat atau komunitas yang hidup berdampingan dengan kawasan konservasi.
- Kawasan industri dan perdagangan, lokasi industri dan perdagangan seperti Bontang, dengan koneksi ke pelabuhan dan jaringan distribusi, berpotensi menjadi pusat pengolahan limbah kulit durian menjadi produk ramah lingkungan.

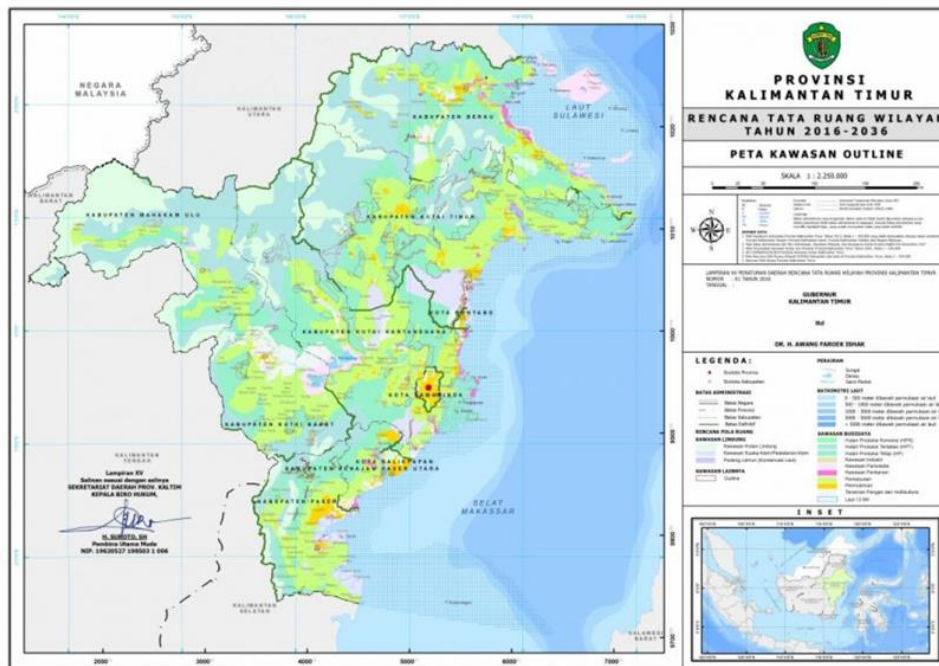
Dengan integrasi data kawasan dari peta ini dan teknologi GIS, analisis spasial dapat membantu menentukan titik-titik optimal untuk pengumpulan dan pengelolaan kulit durian. Data ini juga mendukung upaya industrialisasi yang berbasis bahan baku lokal, ramah lingkungan, dan berkelanjutan.

Identifikasi lokasi bahan baku. Penggunaan GIS memungkinkan identifikasi lokasi dengan konsentrasi tinggi kulit durian. Data ini dipetakan untuk menunjukkan daerah-daerah yang paling cocok untuk pendirian pabrik pengolahan (Schoon et al., 2015; Studies, 2019; Sugrañez et al., 2013):

- Pengumpulan data geografis dan atribut dari daerah penghasil durian.
- Analisis spasial untuk menentukan konsentrasi lokasi kulit durian.
- Pemetaan hasil analisis untuk visualisasi daerah dengan potensi tinggi.

Desain arsitektur ramah lingkungan. Pabrik pengolahan dirancang dengan prinsip arsitektur ramah lingkungan, seperti penggunaan bahan bangunan berkelanjutan, sistem pengolahan limbah yang efisien, dan pemanfaatan energi terbarukan (Qin et al., 2018; Rezaee et al., 2019; Roychand et al., 2021):

- Penggunaan material bangunan yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.
- Desain bangunan yang meminimalkan konsumsi energi.
- Integrasi sistem pengolahan limbah yang efisien.



Gambar 3. Peta Kawasan Outline

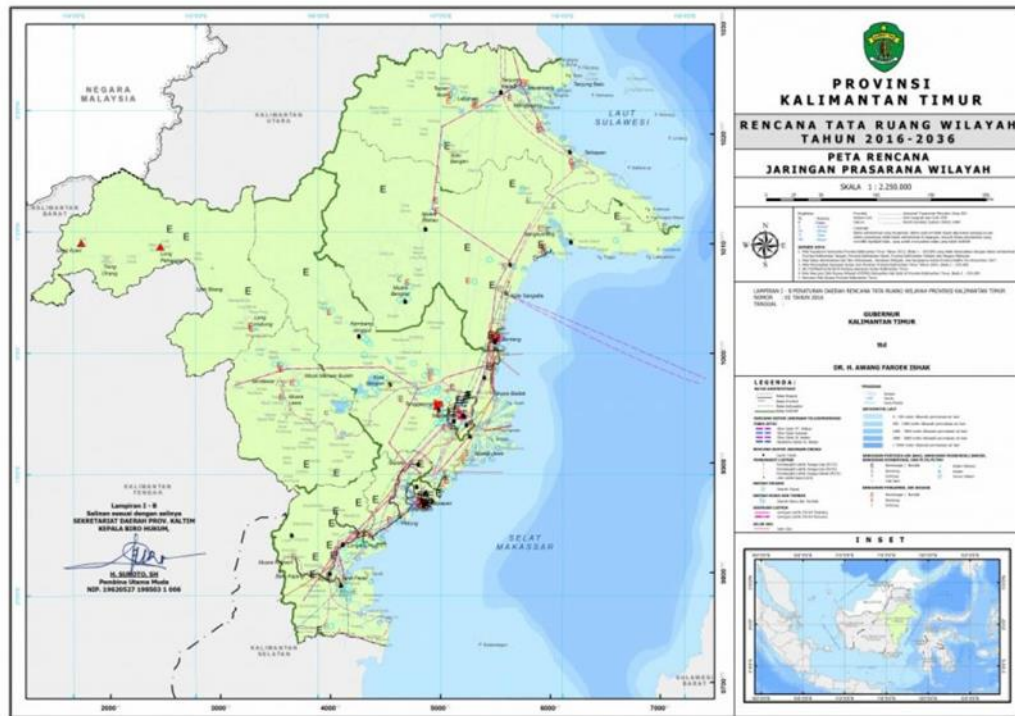
Penerapan teknik industri. Teknik industri diterapkan untuk mengoptimalkan proses pengolahan kulit durian menjadi produk bernilai tinggi, seperti pupuk organik, bahan bakar biomassa, atau material komposit. Proses ini dirancang untuk memaksimalkan efisiensi dan mengurangi limbah (Mikulčić et al., 2016; Özgüner, 2014; P & Swaminathan, 2022):

- Analisis proses produksi untuk mengidentifikasi dan mengurangi pemborosan.
- Penerapan teknologi produksi yang efisien dan ramah lingkungan.
- Pengembangan produk dari kulit durian dengan nilai tambah tinggi.

Peta Rencana Jaringan Prasarana Wilayah Provinsi Kalimantan Timur tahun 2016-2036 di atas menunjukkan distribusi jaringan infrastruktur utama, termasuk jalan, pelabuhan, dan fasilitas strategis lainnya. Infrastruktur ini menjadi penentu penting dalam memetakan potensi sebaran bahan baku kulit durian, mengingat aksesibilitas yang baik sangat berpengaruh terhadap efisiensi pengumpulan dan distribusi bahan baku.

Sebaran kulit durian sebagai bahan baku industri dapat dihubungkan dengan beberapa wilayah berikut:

- Daerah dengan infrastruktur jalan utama, wilayah dengan jaringan jalan utama, seperti Samarinda, Balikpapan, dan Berau, memiliki potensi pengumpulan kulit durian yang tinggi. Hal ini karena area ini cenderung memiliki akses mudah ke pasar dan perkebunan durian yang tersebar di sekitarnya.
- Wilayah dekat pelabuhan dan sentra ekonomi, lokasi seperti Balikpapan dan Bontang, yang memiliki pelabuhan besar, dapat menjadi pusat distribusi bahan baku kulit durian untuk mendukung industri yang berbasis arsitektur ramah lingkungan. Pelabuhan ini juga memudahkan ekspor atau distribusi produk ke daerah lain.
- Kawasan berbasis perkebunan, Kabupaten Kutai Kartanegara dan Paser, yang terkenal sebagai kawasan pertanian dan perkebunan, berpotensi menghasilkan limbah kulit durian dalam jumlah besar. Dengan akses ke jalan penghubung utama, limbah ini dapat dikelola dan diangkut ke lokasi industri pengolahan.
- Jaringan transportasi penghubung antar kabupaten, jaringan jalan yang menghubungkan antar kabupaten berperan dalam mendukung distribusi bahan baku kulit durian dari daerah-daerah penghasil ke sentra pengolahan. Rute ini mengurangi waktu dan biaya logistik.



Gambar 4. Peta Rencana Jaringan Prasarana Wilayah

Dengan memanfaatkan data dari peta ini, langkah strategis untuk mengintegrasikan sistem pengumpulan, pengolahan, dan distribusi kulit durian dapat dirancang. Teknologi GIS dapat digunakan untuk mengidentifikasi titik-titik optimal pengumpulan bahan baku berdasarkan kedekatan dengan jaringan prasarana yang ada, sehingga mendukung pengembangan industri berbasis arsitektur berkelanjutan.

Pemanfaatan teknologi IT. Teknologi IT digunakan untuk mengembangkan sistem pemantauan dan manajemen pabrik yang cerdas (Gambar 4).

Sistem ini memungkinkan pengawasan *real-time* terhadap proses produksi dan distribusi, serta analisis data untuk pengambilan keputusan yang lebih baik (Mikulčić et al., 2016; Özgüner, 2014; P & Swaminathan, 2022):

- Pengembangan sistem manajemen produksi berbasis komputer.
- Implementasi sensor dan perangkat *IoT* untuk pemantauan *real-time*.
- Analisis data produksi untuk peningkatan efisiensi operasional.

IV. KESIMPULAN

Pemanfaatan GIS dan teknologi IT (komputer) dalam optimalisasi lokasi bahan baku kulit durian untuk industri berbasis arsitektur ramah lingkungan memberikan solusi inovatif terhadap pengelolaan limbah organik sekaligus mendukung pembangunan berkelanjutan. Melalui pendekatan ini, beberapa kesimpulan dapat diambil:

1. Identifikasi dan optimalisasi lokasi, GIS memungkinkan pemetaan lokasi bahan baku kulit durian secara akurat berdasarkan sebaran geografis, volume produksi, dan aksesibilitas. Dengan ini, lokasi-lokasi strategis untuk pengumpulan dan pengolahan kulit durian dapat diidentifikasi secara efektif.
2. Efisiensi distribusi dan pengelolaan, teknologi IT, termasuk analisis jaringan dan simulasi logistik, membantu mengoptimalkan rute transportasi dan distribusi kulit durian, sehingga dapat mengurangi biaya operasional dan dampak lingkungan.
3. Integrasi teknologi dan lingkungan, dengan menggunakan GIS berbasis teknologi IT, industri dapat mengembangkan sistem informasi yang terintegrasi untuk mendukung pengelolaan kulit durian

menjadi produk ramah lingkungan seperti bahan bangunan berkelanjutan, bioenergi, atau material daur ulang.

4. Penerapan prinsip arsitektur ramah lingkungan, data dan analisis yang dihasilkan dari GIS mendukung desain industri berbasis arsitektur ramah lingkungan yang memanfaatkan kulit durian sebagai bahan baku utama. Hal ini mendorong terciptanya inovasi material yang berkontribusi pada pengurangan limbah dan keberlanjutan lingkungan.
5. Kontribusi pada pembangunan berkelanjutan, hasil penelitian ini memberikan model pengelolaan terpadu yang mengintegrasikan aspek teknologi, ekonomi, dan lingkungan, sehingga dapat menjadi panduan bagi pengembangan industri hijau berbasis limbah kulit durian.

Secara keseluruhan, penerapan GIS dan teknologi IT membuka peluang besar untuk mengoptimalkan pemanfaatan limbah kulit durian dalam mendukung industri berbasis arsitektur berkelanjutan, sekaligus memberikan dampak positif terhadap lingkungan, ekonomi, dan sosial.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis berterima kasih kepada Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan telah memberikan dukungan melalui pembiayaan Sertifikasi Dosen (SERDOS) untuk kegiatan penelitian dan pengabdian pada masyarakat.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul-wahab, S. A., Al-dhamri, H., Ram, G., & Black, L. (2020). The use of oil-based mud cuttings as an alternative raw material to produce high sulfate-resistant oil well cement. *Journal of Cleaner Production*, 269, 122207. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.12.2207>
- Arce, C., Garzón, E., & Sánchez-soto, P. J. (2019). Phyllite clays as raw materials replacing cement in mortars: Properties of new impermeabilizing mortars. *Construction and Building Materials*, 224, 348–358. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.07.081>
- Bao, Y., Zhu, Y., Zhong, W., & Qian, F. (2019). Chinese Journal of Chemical Engineering A novel chemical composition estimation model for cement raw material blending process ☆. *Chinese Journal of Chemical Engineering*, xxxx. <https://doi.org/10.1016/j.cjche.2018.12.024>
- Chhaiba, S., Blanco-varela, M. T., Diouri, A., & Bougarrani, S. (2018). Characterization and hydration of cements and pastes obtained from raw mix containing Moroccan oil shale and coal waste as a raw material. *Construction and Building Materials*, 189, 539–549. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.09.014>
- Clavier, K. A., Paris, J. M., Ferraro, C. C., & Townsend, T. G. (2020). Resources, Conservation & Recycling Opportunities and challenges associated with using municipal waste incineration ash as a raw ingredient in cement production – a review. *Resources, Conservation & Recycling*, 160(February), 104888. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104888>
- Costa, F. N., & Ribeiro, D. V. (2020). Reduction in CO₂ emissions during production of cement, with partial replacement of traditional raw materials by civil construction waste (CCW). *Journal of Cleaner Production*, 276, 123302. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.12.3302>
- Costa, F. N., & Ribeiro, D. V. (2021). Evaluation of phase formation and physical-mechanical properties of Portland cements produced with civil construction waste. *Cement*, 5, 100012. <https://doi.org/10.1016/j.cement.2021.10.0012>
- Elfaham, M. M., & Eldemerdash, U. (2019). Advanced analyses of solid waste raw materials from cement plant using dual spectroscopy techniques towards co-processing. *Optics and Laser Technology*, 111(October 2018), 338–346. <https://doi.org/10.1016/j.optlastec.2018.10.009>
- Elmrabet, R., Hmidani, Y., Mariouch, R., Elharfi, A., & Elyoubi, M. S. (2021).

- Materials Today: Proceedings Influence of raw meal composition on clinker reactivity and cement proprieties. *Materials Today: Proceedings*, xxxx. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.03.178>
- Hong, J., & Li, X. (2011). Environmental assessment of sewage sludge as secondary raw material in cement production – A case study in China. *Waste Management*, 31(6), 1364–1371. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2010.12.020>
- Ion, R., Angelopoulos, G. N., Tom, P., Blanpain, B., & Pontikes, Y. (2015). Ladle metallurgy stainless steel slag as a raw material in Ordinary Portland Cement production: a possibility for industrial symbiosis. *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.06.006>
- Isteri, V., Ohenoja, K., Hanein, T., Kinoshita, H., & Kletti, H. (2022). *Cement and Concrete Research Ferritic calcium sulfoaluminate belite cement from metallurgical industry residues and phosphogypsum: Clinker production, scale-up, and microstructural characterisation*. 154(March 2021). <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2022.106715>
- Kleib, J., Aouad, G., Abriak, N., & Benzerzour, M. (2021). Case Studies in Construction Materials Production of Portland cement clinker from French Municipal Solid Waste Incineration Bottom Ash. *Case Studies in Construction Materials*, 15, e00629. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2021.e00629>
- Krouer, H., Trauchessec, R., Lecomte, A., Diliberto, C., Barnes-davin, L., Bolze, B., & Delhay, A. (2020). Incorporation rate of recycled aggregates in cement raw meals. *Construction and Building Materials*, 248, 118217. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118217>
- Li, H., Xu, W., Yang, X., & Wu, J. (2014). Preparation of Portland cement with sugar filter mud as lime-based raw material. *Journal of Cleaner Production*, 66, 107–112. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.11.003>
- Lin, K., Lo, K., Hung, M., Cheng, T., & Chang, Y. (2017). Recycling of spent catalyst and waste sludge from industry to substitute raw materials in the preparation of Portland cement clinker. *Sustainable Environment Research*, 27(5), 251–257. <https://doi.org/10.1016/j.serj.2017.05.001>
- Lo, A. M., Sastresa, E. L., & Uso, A. A. (2013). *Uses of alternative fuels and raw materials in the cement industry as sustainable waste management options*. 23, 242–260. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.02.024>
- Manning, D. A. C., Tangtinthai, N., & Heidrich, O. (2019). Evaluation of raw material extraction, processing, construction and disposal of cement and concrete products: datasets and calculations. *Data in Brief*, 24, 103929. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2019.103929>
- Mikulčić, H., Klemeš, J. J., Vujanović, M., Urbaniec, K., & Duić, N. (2016). Reducing Greenhouse Gases Emissions by Fostering the Deployment of Alternative Raw Materials and Energy Sources in the Cleaner Cement Manufacturing Process. *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.04.145>
- Özgüner, A. M. (2014). *Journal of African Earth Sciences Prospection of Portland cement raw material: A case study in the Marmara region of Turkey*. 97, 230–243. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2014.04.033>
- P, S. P. S., & Swaminathan, G. (2022). Environmental Technology & Innovation Thermogravimetric study of textile lime sludge and cement raw meal for co-processing as alternative raw material for cement production using response surface methodology and neural networks. *Environmental Technology & Innovation*, 25, 102100. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.102100>
- Qin, L., Gao, X., & Chen, T. (2018). SC. *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.04.238>
- Rezaee, F., Danesh, S., Tavakkolizadeh, M., & Mohammadi-khatami, M. (2019). AC.

- Journal of Cleaner Production*.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.12.153>
- Roychand, R., Patel, S., Halder, P., Kundu, S., Hampton, J., Bergmann, D., Surapaneni, A., Shah, K., & Kumar, B. (2021). Recycling biosolids as cement composites in raw, pyrolyzed and ashed forms: A waste utilisation approach to support circular economy. *Journal of Building Engineering*, 38(January), 102199.
<https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.102199>
- Schoon, J., Buysser, K. De, Driessche, I. Van, & Belie, N. De. (2015). Cement & Concrete Composites Fines extracted from recycled concrete as alternative raw material for Portland cement clinker production. *CEMENT AND CONCRETE COMPOSITES*, 58, 70–80.
<https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2015.01.003>
- Studies, C. (2019). *Case Studies in Construction Materials*. 11.
<https://doi.org/10.1016/j.cscm.2019.e00254>
- Sugrañez, R., Álvarez, J. I., Cruz-yusta, M., Mármol, I., Morales, J., & Sánchez, L. (2013). Controlling microstructure in cement based mortars by adjusting the particle size distribution of the raw materials. 41, 139–145.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.11.090>
- Telesca, A., Calabrese, D., Marroccoli, M., Tomasulo, M., Lorenzo, G., Duelli, G., & Montagnaro, F. (2014). Spent limestone sorbent from calcium looping cycle as a raw material for the cement industry. *FUEL*, 118, 202–205.
<https://doi.org/10.1016/j.fuel.2013.10.060>
- Ulrikh, D. V., & Butakova, M. D. (2016). Soil-cement of Normal Hardening on the Basis of the Argillaceous Raw Material and Copper Ore Processing of Waste in Eco-geology and Construction. *Procedia Engineering*, 150, 1510–1515.
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.07.099>
- Velissariou, D., Katsiotis, N., Tsakiridis, P., Katsiotis, M., Pistofidis, N., Kolovos, K., & Beazi, M. (2019). A combined study of the performance and hydration of a Class G oil-well cement derived from Greek raw materials. *Construction and Building Materials*, 197, 63–71.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.11.168>
- Vu, T., Drebenstedt, C., & Bao, T. (2020). International Journal of Mining Science and Technology Assessing geological uncertainty of a cement raw material deposit, southern Vietnam, based on hierarchical simulation. *International Journal of Mining Science and Technology*, 30(6), 819–837.
<https://doi.org/10.1016/j.ijmst.2020.05.022>
- Waltisberg, J., & Weber, R. (2020). Disposal of waste-based fuels and raw materials in cement plants in Germany and Switzerland e What can be learned for global co-incineration practice and policy? *Emerging Contaminants*, 6, 93–102.
<https://doi.org/10.1016/j.emcon.2020.02.001>
- Wang, Z., Yang, W., Liu, H., Jin, H., Chen, H., Su, K., Tu, Y., & Wang, W. (2019). Journal of Analytical and Applied Pyrolysis Thermochemical behavior of three sulfates (CaSO₄, K₂SO₄ and Na₂SO₄) temperature. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, March, 1–10.
<https://doi.org/10.1016/j.jaap.2019.05.006>
- Wei, Y., & Cheng, C. (2016). Determination of total Cl in incinerator fly ashes utilized as cement raw materials. *Construction and Building Materials*, 124, 544–549.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.07.132>
- Wu, Q., Wu, Y., Tong, W., & Ma, H. (2018). Utilization of nickel slag as raw material in the production of Portland cement for road construction. *Construction and Building Materials*, 193, 426–434.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.10.109>
- Yang, Z., Xiao, H., Zhang, L., Feng, D., Zhang, F., Jiang, M., Sui, Q., & Jia, L. (2019). Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy Fast determination of oxides content in cement raw meal using NIR-spectroscopy and backward interval PLS with genetic algorithm. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular*

- Spectroscopy*, 223, 117327.
<https://doi.org/10.1016/j.saa.2019.117327>
- Yao, X., Yang, S., Huang, Y., Wu, S., Yao, Y., & Wang, W. (2020). Effect of CaSO₄ batching in raw material on the iron-bearing mineral transition of ferric-rich sulfoaluminate cement. *Construction and Building Materials*, 250, 118783.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118783>
- Yu, J., Qian, J., Wang, F., Qin, J., Dai, X., You, C., & Jia, X. (2020). Study of using dolomite ores as raw materials to produce magnesium phosphate cement. *Construction and Building Materials*, 253, 119147.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119147>
- Zhang, J., Liu, G., Chen, B., Song, D., Qi, J., & Liu, X. (2014). Analysis of CO₂ Emission for the cement manufacturing with alternative raw materials: A LCA-based framework. *Energy Procedia*, 61, 2541–2545.
<https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.12.041>
- Zhao, Y., Zhan, J., Liu, G., Zheng, M., Jin, R., & Yang, L. (2017). Evaluation of dioxins and dioxin-like compounds from a cement plant using carbide slag from chlor-alkali industry as the major raw material. *Journal of Hazardous Materials*, 330, 135–141.
<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2017.02.018>