BRIDA
Badan Riset dan Inovasi Daerah
Provinsi Jawa Tengah

POLICY BRIEF

Dr. Ir. MOCHAMMAD QOMARUDDIN, ST, MT, IPM, ASEAN.Eng
UNIVERSITAS ISLAM NAHDLATUL ULAMA JEPARA

OPTIMALISASI LIMBAH RECLAIMED ASPHALT PAVEMENT UNTUK INFRASTRUKTUR JAWA TENGAH

Ringkasan Eksekutif (*Executive Summary*)

Pemanfaatan agregat aspal daur ulang (RAP) sebagai alternatif untuk perkerasan kaku masih terbatas. Tujuan utama penelitian ini adalah untuk mengeksplorasi dan meningkatkan pemanfaatan agregat RAP sebagai material alternatif untuk perkerasan kaku. Secara khusus, penelitian ini berfokus pada mengatasi tantangan signifikan yang terkait dengan agregat RAP, yaitu ikatan yang buruk dengan pengikat semen. Ikatan yang buruk mengakibatkan kekuatan tekan dan tarik beton atau mortar yang rendah. Ikatan yang buruk terutama disebabkan oleh adanya lapisan tipis residu aspal yang berminyak. Metode yang diusulkan dilakukan untuk mengurangi dampak negatif pada ikatan antara agregat dan mortar dengan memaparkan agregat RAP pada proses pirolisis. Penelitian ini berfokus pada analisis perilaku fisik dan kimia agregat, menggunakan pendekatan SEM, EDX, dan FTIR, serta meninjau mortar dalam kekuatan tekan dan tarik lentur. Pirolisis mempengaruhi sifat fisik dan mekanik secara positif dan komposisi kimia RAP menunjukkan perubahan yang signifikan. Konstituen kimia aspal yang melekat pada agregat RAP adalah hidrokarbon. Lapisan tipis aspal RAP merupakan penyebab ikatan yang lemah, tetapi lapisan ini diubah oleh prosedur pirolisis. Akibatnya, penyerapan air menurun, yang berdampak positif pada sinergi hidrolik semen. Terbukti bahwa pirolisis RAP meningkatkan kekuatan tekan dan kekuatan tarik lentur melalui modifikasi residu aspal yang menutupi agregat.

PENDAHULUAN

Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) adalah limbah kupasan jalan aspal yang terdapat pada infrastruktur jalan raya (Sunarjono et al., 2015). RAP menjadi hasil buangan pada pekerjaan konstruksi yang sudah tidak terpakai. RAP terus menumpuk pada lahan – lahan (gambar 1) yang dimiliki Dinas Bina Marga baik provinsi maupun nasional dan sedikit pemanfaatannya (Widayanti *et al.*, 2018). Pekerjaan peningkatan jalan seringkali menambah tinggi elevasi jalur yang diakibatkan jalan rusak ataupun berlubang(Sanjaya et al., 2016). Perbaikan jalan dilakukan dengan mengupas aspal yang rusak terlebih dahulu, kemudian dilapisi ulang *hotmix* aspal jalan (Thanya *et al*., 2018). Data volume pekerjaan cold milling milik Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional Provinsi Jawa Tengah kurun waktu 2010 hingga 2020 menunjukkan rata rata 19.600 M^3 limbah RAP yang tersebar di ruas jalan nasional sebagai timbunan bahu jalan (gambar 2).



(a)

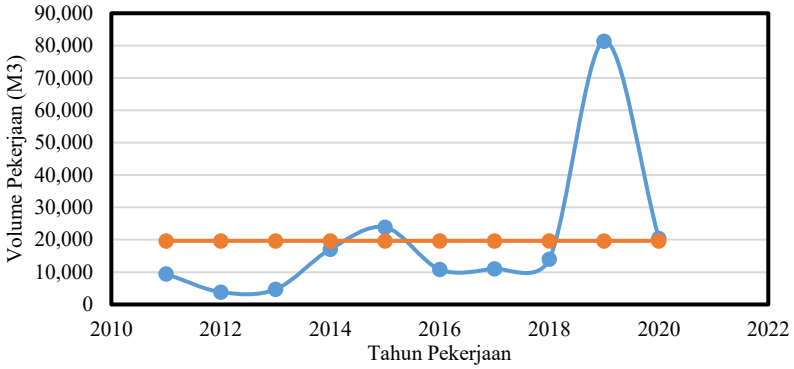


(b)



(c)

Gambar 1. (a) Timbunan bahu jalan ; (b) timbunan trotoar ; (c) RAP

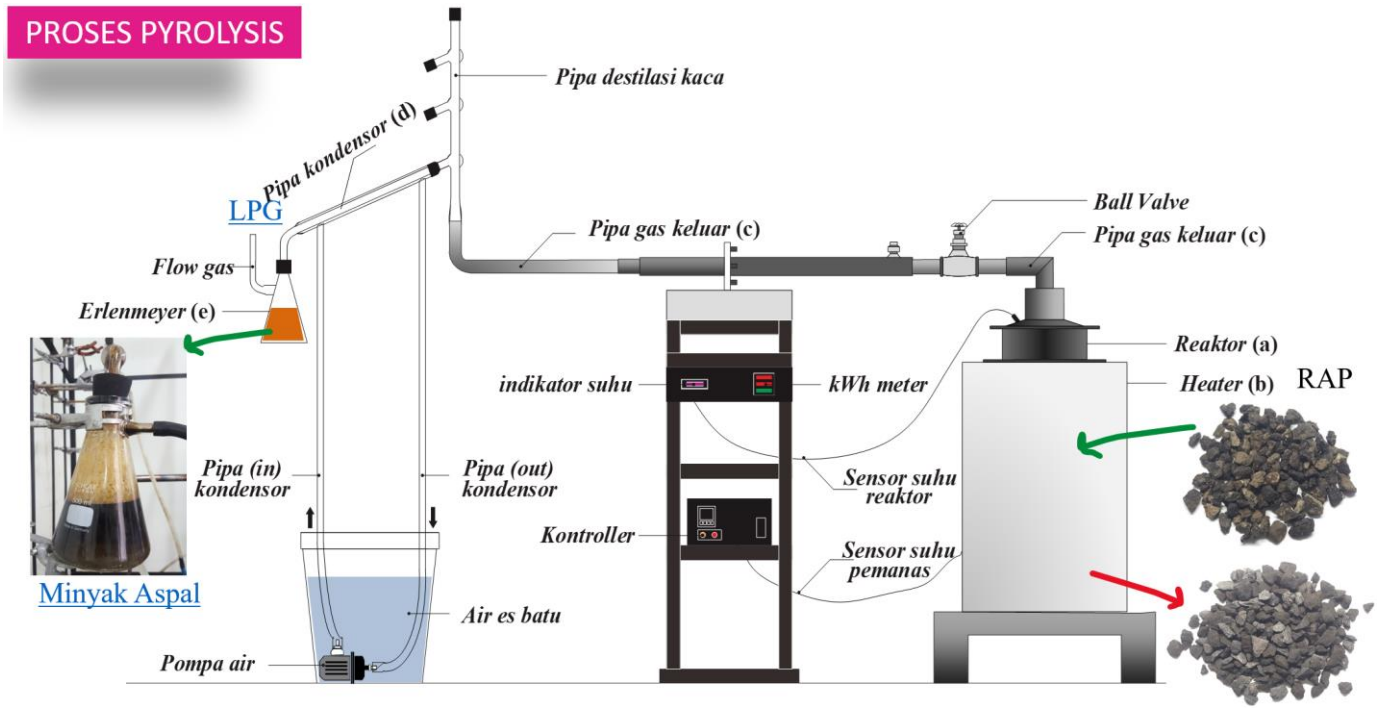


Gambar 2. Data pekerjaan cold milling (BBPJN Jateng 2021)

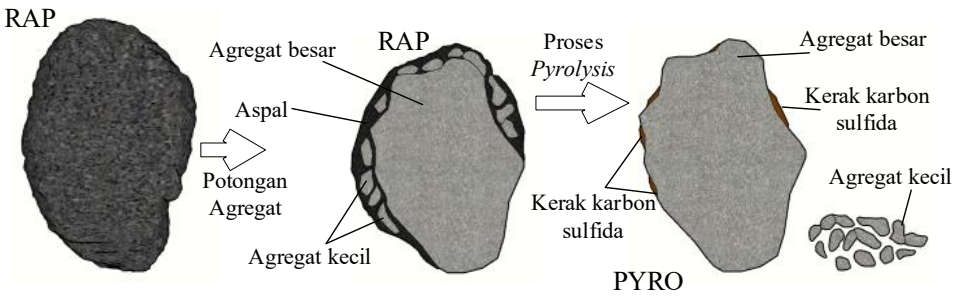
Upaya untuk menggunakan kembali RAP dalam produk semen seperti mortar dan beton terhambat oleh penurunan tajam dalam sifat kekuatan yang membuat daur ulang RAP hampir tidak mungkin dilakukan. Sumber penurunan kekuatan yang drastis berasal dari ikatan yang buruk antara RAP dan bahan pengikat karena adanya lapisan tipis residu aspal (Mary et al., 2019). Studi ini berupaya memodifikasi lapisan ini untuk mengurangi sifat ikatan yang buruk dari RAP menggunakan pirolisis. Prosedur pirolisis mengubah lapisan aspal menjadi material lain yang dapat dimurnikan lebih lanjut sebagai produk bahan bakar(Ma & Li, 2012). Dalam prosesnya, pirolisis mengubah kinerja fisik RAP menjadi agregat pirolisis. Agregat PYRO menunjukkan hasil yang menjanjikan ketika digunakan sebagai agregat mortar. Sifat mekanik dan fisik mortar meningkat secara signifikan.

DESKRIPSI MASALAH

Proses RAP pirolisis merupakan dekonstruksisasi atom hydrocarbon dari suatu senyawa aspal organik dalam ruang hampa yang nantinya menghasilkan suatu senyawa cair seperti minyak bumi baru. Residu berupa agregat yang dapat digunakan kembali untuk bahan konstruksi (Gambar 3). Penggunaan kembali RAP sebagai agregat dalam material semen dibatasi oleh keberadaan lapisan tipis residu aspal (Gambar 4) yang menciptakan ikatan yang buruk dengan bahan pengikat, sehingga berdampak negatif pada sifat mekanik material akhir.

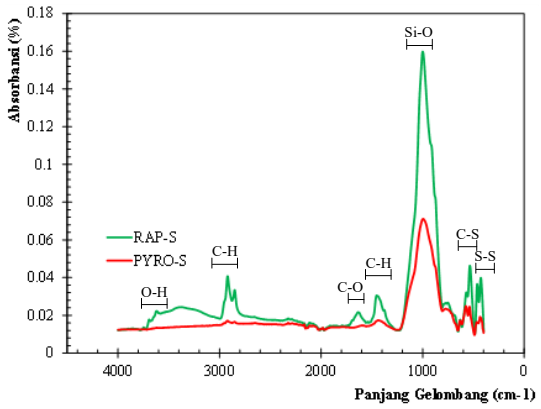


Gambar 3. Pirolisis RAP (Qomaruddin et al., 2024; Setiadji et al., 2022)



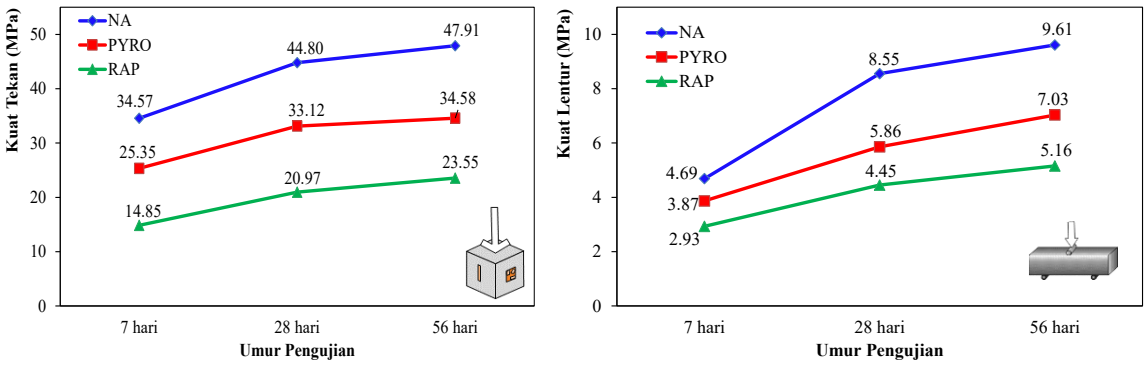
Gambar 4. Transformasi agregat RAP menjadi PYRO akibat *pyrolysis* (Qomaruddin et al., 2024)

Penerapan prosedur pirolisis mengubah lapisan ini menjadi karbon-sulfur sehingga menghasilkan peningkatan kinerja ikatan pada antarmuka (Gambar 5). Berdasarkan analisis FTIR, efek pirolisis menyebabkan lapisan aspal residu yang mengelilingi agregat, yang sebagian besar diwakili oleh unsur karbon, teroksidasi. Efek pirolisis pada morfologi menunjukkan bahwa unsur sulfur ini terpisah dan membentuk butiran baru yang disebut karbon-sulfur. Karbon-sulfur membentuk lapisan kerak yang mengelilingi agregat yang berdampak positif pada ikatan. Prosedur ini meningkatkan kekuatan tekan dan tarik mortar 28 hari masing-masing sebesar 58% dan 32%.



Gambar 5. FTIR RAP menjadi PYRO (Qomaruddin et al., 2024)

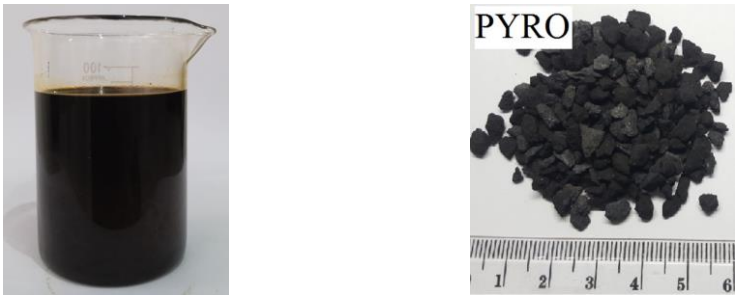
Telah ditunjukkan bahwa pirolisis lebih efektif dalam meningkatkan kekuatan tekan karena karbon-sulfur yang dihasilkan memberikan agregat yang lebih padat dengan tingkat penyerapan yang lebih rendah, dan oleh karena itu mengurangi pendarahan di sekitar agregat. Studi ini menunjukkan bahwa kekuatan tekan dan tarik mortar PYRO pada usia 56 hari (Gambar 6) meningkat dibandingkan dengan kekuatan pada usia 28 hari, bertentangan dengan mortar agregat konvensional yang mencapai konvergensi pada usia 28 hari (Qomaruddin et al., 2024). Mortar PYRO memiliki waktu pengerasan yang lebih lama, menunjukkan bahwa karbon-sulfur secara positif memengaruhi kinerja proses hidrasi semen.



(a) (b)

Gambar 6. (a) Kuat tekan ; (b) Kuat lentur

Pirolisis memungkinkan transformasi limbah dalam bentuk RAP menjadi bahan yang dapat digunakan kembali dan didaur ulang (Abraham & Ransinchung, 2020; Ma & Li, 2012; Mary et al., 2019; Qomaruddin et al., 2024). Produk sampingan pirolisis adalah minyak mentah (Gambar 7) yang dapat digunakan kembali dalam industri melalui penyulingan menjadi bensin atau kerosin. Penggunaan kembali agregat RAP mengurangi penggunaan agregat murni yang tersedia di alam, mendukung keberlanjutan produk alami.



(a) (b)

Gambar 7. (a) Minyak RAP ; (b) Agregat PYRO

Hak paten sederhana terkait RAP pirolisis ini telah didapatkan pada tahun 2024, dengan nomor paten S00202005901 (***Granted***). Hak paten yang lainnya yang berhubungan RAP yaitu Komposisi Paving Blok Reclaimed Asphalt Pavement Tanpa Semen Dengan Pengikat Geopolimer **S00202103080** (2023) (***Granted***) dan Proses Pembuatan Paving Blok Reclaimed Asphalt Pavement Tanpa Semen Dengan Pengikatan Geopolimer **S00202104815** (2023) (***Granted***).

REKOMENDASI KEBIJAKAN

Pemerintah Provinsi Jawa Tengah melalui Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga dan Cipta Karya perlu menetapkan kebijakan yang mendorong pemanfaatan Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) sebagai material konstruksi berkelanjutan. RAP yang selama ini hanya ditimbun di lokasi penyimpanan dapat dimanfaatkan kembali sebagai bahan baku konstruksi setelah melalui proses pirolisis sehingga memiliki nilai tambah yang lebih tinggi. Pemanfaatan agregat aspal daur ulang untuk bahan konstruksi dapat dilaksanakan ditingkat unit

kerja. Sehingga limbah tersebut tidak digunakan sebagai urugan/timbunan yang nilainya kurang ekonomis dan mubazir adanya aspal yang terbuang. Kebijakan kepada Pemerintah Provinsi Jawa Tengah diperlukan:

a) Penerbitan Peraturan Gubernur Jawa Tengah atau Surat Edaran tentang instruksi pemanfaatan RAP untuk semua jajaran Pemerintah Provinsi Jawa Tengah.
b) Mewajibkan inventarisasi stok RAP pada seluruh UPT Bina Marga Provinsi.
c) Menetapkan RAP sebagai aset material yang dapat dimanfaatkan kembali.

Pemerintah Provinsi perlu mengembangkan fasilitas pengolahan RAP berbasis pirolisis pada beberapa wilayah strategis sehingga limbah hasil cold milling dapat diproses menjadi agregat berkualitas dan produk samping berupa minyak pirolisis. Program ini dapat dilakukan melalui kolaborasi pentahelix antara pemerintah, perguruan tinggi, swasta, media untuk mensosialisasikan pemanfaatan RAP. Pemerintah memaksimalkan peran media sosial dan media *mainstream* untuk menyebarkan temuan RAP sebagai bahan baku konstruksi berkualitas tinggi, dan di mana bahan tersebut nantinya diproduksi dan bisa dimanfaatkan oleh masyarakat. Dinas Bina Marga bersama perguruan tinggi dan Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional perlu menyusun pedoman teknis penggunaan agregat RAP hasil pirolisis yang meliputi: spesifikasi material, prosedur pengolahan, metode pengujian mutu dan persyaratan penggunaan pada berbagai jenis pekerjaan konstruksi. Standarisasi akan memberikan kepastian mutu sehingga penggunaan RAP dapat diterapkan secara luas. Pemerintah Provinsi perlu menjadikan hasil penelitian ini sebagai dasar inovasi daerah melalui:

- pendanaan pilot project;
- program matching fund dengan perguruan tinggi;
- inkubasi teknologi pirolisis;
- komersialisasi teknologi kepada industri konstruksi.

Langkah ini mempercepat pemanfaatan hasil riset menjadi solusi nyata bagi pembangunan infrastruktur. Ilustrasi Gambar 8. tentang intervensi kebijakan pemerintah Provinsi Jawa Tengah dalam pemanfaatan agregat RAP.



Gambar 8. Ilustrasi kebijakan pemerintah Provinsi Jawa Tengah

REFERENSI

Abraham, S. M., & Ransinchung, G. D. (2020). Laboratory Research on Reclaimed Asphalt Pavement-Inclusive Cementitious Mixtures. *ACI Materials Journal*, *117*(2), 193–204. https://doi.org/10.14359/51722398

Ma, Y., & Li, S. (2012). The pyrolysis, extraction and kinetics of Buton oil sand bitumen. *Fuel Processing Technology*, *100*, 11–15. https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2012.03.001

Mary, J., Sepuri, H. K., & Thejas, H. K. (2019). A Review on Recycled Asphalt Pavement in cement concrete.

International Journal of Latest Engineering Research and Applications, *3*(February), 9–18.
Qomaruddin, M., Lie, H. A., Purwanto, & Widayat. (2024). Chemical and Microstructural Changes in Reclaimed Asphalt Pavement Aggregates by Pyrolysis. *Arabian Journal for Science and Engineering*. https://doi.org/10.1007/s13369-023-08698-5
Sanjaya, Y. A., Rosalina, & Syarwan. (2016). PENILAIAN MENURUT BINA MARGA (Studi Kasus Jalan Nasional Bireuen – Bts . Kota Lhokseumawe , Kecamatan Krueng Geukueh mulai Sta 253 + 000 s / d Sta 257 + 000). *Jurnal Teknik Sipil*, *1*, 1–9.
Setiadji, B. H., Wibowo, M. A., Jonkers, H. M., Ottele, M., Widayat, Qomaruddin, M., Sugianto, F. H., Purwanto, & Lie, H. A. (2022). Pyrolysis of Reclaimed Asphalt Aggregates in Mortar. *Int J Tech*, *13*(4), 751–763. https://doi.org/10.14716/ijtech.v13i4.5621
Sunarjono, S., Sutanto, M. H., & Astuti, W. W. (2015). Karakteristik Bahan Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) Ruas Jalan Pantura Jawa. *Simposium Nasional Teknologi Terapan (SNTT) 3*.
Thanya, I. N. A., Suweda, I. W., & Putra, G. K. (2018). Performance of Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) Utilizing Reclaimed Asphalt Pavement from Cold Milling Bound with 80/100 Pen Asphalt. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, *316*(1). https://doi.org/10.1088/1757-899X/316/1/012037
Widayanti, A., Aryani Soemitro, R. A., Jaya Ekaputri, J., & Suprayitno, H. (2018). Kinerja Campuran Aspal Beton dengan Reclaimed Asphalt Pavement dari Jalan Nasional di Provinsi Jawa Timur. *Jurnal Manejemen Aset Infrastruktur & Fasilitas*, *2*(1), 35–43. https://doi.org/10.12962/j26151847.v2i1.3766

matter? *Journal of International Trade & Economic Development, 28*(8), 960–995. https://doi.org/10.1080/09638199.2019.1616805

Rauch, J. E. (1991). Modelling the informal sector formally. *Journal of Development Economics, 35*(1), 33–47.

Roodman, D. (2009). How to do xtabond2: An introduction to difference and system GMM in Stata. *The Stata Journal, 9*(1), 86–136.

Shayanewako, V. B. (2018). The relationship between trade openness and economic growth: The case of BRICS countries. *Journal of Global Economics, 6*(2). https://doi.org/10.4172/2375-4389.1000289

Solomon, E. M., & Van Klyton, A. (2020). The impact of digital technology usage on economic growth in Africa. *Utilities Policy, 67*, Article 101104. https://doi.org/10.1016/j.jup.2020.101104

Solow, R. M. (1956). A contribution to the theory of economic growth. *The Quarterly Journal of Economics, 70*(1), 65–94.

Spence, M. (2021). Some thoughts on the Washington consensus and subsequent global development experience. *Journal of Economic Perspectives, 35*(3), 67–82. https://doi.org/10.1257/jep.35.3.67

Wooldridge, J. M. (2012). *Introductory econometrics: A modern approach* (5th ed.). South-Western Cengage Learning.

Worku, U. R. (2024). Factor productivity nexus economic growth in Sub-Saharan Africa: Symmetric and asymmetric panel approaches. *World Development Sustainability, 5*, Article 100169. https://doi.org/10.1016/j.wds.2024.100169

Xu, J., Qiu, Y., Rahman, M. K., Bhuiyan, M. A., & Hasan, T. (2025). The regional economic spatial spillover effect of China and ASEAN. *Journal of Industry, Competition and Trade, 25*(1). https://doi.org/10.1007/s10842-025-00440-1

Yoshino, N., Siregar, T. H., Azhgaliyeva, D., & Ram, K. S. (2022). Spillover effects of digital infrastructure and financing. *Journal of Infrastructure, Policy and Management, 5*(1), 31–37. https://doi.org/10.35166/jipm.501.0023

Zahonogo, P. (2017). Trade and economic growth in developing countries: Evidence from sub-Saharan Africa. *Journal of African Trade, 3*(1–2), 41–56. https://doi.org/10.1016/j.joat.2017.02.001