

Tinjauan Aspek Ekonomi Pemanfaatan *Reclaimed Asphalt Pavement* dari Jalan Nasional di Provinsi Jawa Timur

Economic Aspect of Reclaimed Asphalt Pavement Utilization from National Road in East Java Province

Ari Widayanti^{1.a)}, Ria Asih Aryani Soemitro^{2.b)}, Januarti Jaya Ekaputri^{2.c)}
& Hitapriya Suprayitno^{2.d)}

¹⁾ Mahasiswa Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, (ITS) Surabaya.

²⁾ Departemen Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, (ITS) Surabaya.

Koresponden : ^{a)}ariwidayanti1973@gmail.com, ^{b)}ria@ce.its.ac.id, ^{c)}januartije@gmail.com &
^{d)}suprayitno.hita@gmail.com

ABSTRAK

Jalan raya merupakan salah satu aset infrastruktur transportasi yang berperan dalam distribusi barang dan orang, perkembangan ekonomi, wilayah, sosial dan politik. Pemanfaatan *Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)* sebagai campuran perkerasan jalan merupakan langkah efisiensi biaya pemeliharaan dan pembangunan jalan berdasarkan komponen biaya yang terjadi. Tujuan studi ini adalah memperoleh aspek ekonomi ditinjau dari perbandingan biaya penggunaan *RAP* dengan material alam.

Metode yang digunakan adalah studi literatur dari peneliti terdahulu tentang aspek ekonomi pemanfaatan *RAP* dari jalan nasional di Provinsi Jawa Timur. Hasil yang diperoleh adalah pemanfaatan *RAP* bisa menghemat biaya sebesar 14,88% untuk lapisan *AC-WC*, 14% untuk lapisan *AC-BC*, dan 20,4% untuk lapisan *AC-Base*. Material *RAP* merupakan material yang ekonomis dan ramah lingkungan untuk dapat dimanfaatkan sebagai lapisan perkerasan jalan.

Kata Kunci : manajemen aset infrastruktur, jalan, aspek ekonomi, *reclaimed asphalt pavement*.

PENDAHULUAN

Jalan raya merupakan salah satu aset infrastruktur transportasi darat yang berperan dalam distribusi barang dan orang, perkembangan ekonomi dan wilayah. Dalam hal pembangunan saat ini maka penyediaan jaringan jalan yang baik akan mendukung peningkatan ekonomi wilayah. Jalan raya yang semakin lama menahan beban lalu lintas akan menimbulkan kerusakan jalan sehingga berkurang kekuatannya, sehingga untuk dapat dimanfaatkan kembali maka material perkerasan perlu dikelola dengan baik agar dapat meningkat dari sisi kinerja teknis. Jalan raya sebagai salah satu infrastruktur harus dikelola dengan baik sehingga dapat tercapai infrastruktur yang fungsional, ekonomis, efektif, efisien dan berkelanjutan (Suprayitno & Soemitro, 2018).

Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) merupakan material hasil pengerukan lapisan perkerasan jalan dengan alat *Cold Milling Machine*. Penumpukan material ini bisa menjadi limbah bagi lingkungan. Pemanfaatan *RAP* masih terbatas pada penggunaan untuk bahu jalan, akses jalan masuk permukiman dan perkantoran. Dalam hal ini perlu pemanfaatan *RAP* yang meningkat dari sisi kinerja teknis sehingga berdampak pada penghematan biaya dari sisi pengurangan penggunaan material alam.

Keuntungan pemanfaatan *RAP* adalah mengurangi penumpukan *RAP* sehingga tidak merusak lingkungan, efisiensi biaya, mengurangi penggunaan sumber daya alam, mengurangi laju kerusakan akibat penambangan dan penggalian (Budianto, 2009). Penggunaan *RAP* mengurangi kebutuhan untuk membuang perkerasan jalan yang lama, dan melestarikan ketersediaan material aspal dan agregat alam. Hal ini berdampak pada penghematan biaya produksi dan peningkatan keuntungan bagi masyarakat (TRB, 2011). Pemanfaatan *RAP* berguna bagi kelestarian lingkungan dan mempunyai kemampuan untuk menghasilkan kinerja campuran yang optimum (Widger dkk, 2012). *RAP* meningkatkan stabilitas (Parveez dkk, 2008), propertis volumetrik, mekanik dan propertis campuran (Shen dkk, 2007). Pemanfaatan *RAP* meningkatkan kinerja campuran (Pradyumna dkk, 2013), *workability* dan stabilitas yang lebih baik (Xiao dkk, 2009), mempengaruhi umur teknis jalan dan ketahanan terhadap kerusakan (Xiao dkk, 2007).

Pada sisi lain kelemahan *RAP* terdapat pada gradasi *RAP* tidak masuk dalam kurva gradasi standar (Handayani, 2016; Kusmarini, 2012; Herawati, 2012), penetrasi aspal *RAP* tidak sesuai standar (Kusmarini, 2012; Harahab, 2013; Wibowo, 2012; Falevi, 2012; Herawati, 2012; Handayani, 2016; Sujiartono, 2014), daktilitas aspal *RAP* tidak sesuai standar (Kusmarini, 2012; Harahab, 2013; Wibowo, 2012; Falevi, 2012; Herawati, 2012; Sujiartono, 2014). Pemanfaatan *RAP* meningkatkan kerapuhan pada campuran perkerasan jalan (Parveez, 2008). Pada campuran perkerasan jalan, tidak terjadi perubahan pada penambahan propertis fisik campuran dalam aspek penetrasi, daktilitas dan titik lembek. Dalam hal ini perlu dukungan penelitian dalam aspek mikrostruktur sehingga bisa diketahui aspek-aspek yang dapat meningkatkan kinerja teknis campuran perkerasan jalan (Sunil dkk, 2014, Widayanti dkk, 2017, Widayanti dkk, 2018).

Pemanfaatan material *RAP* sebagai aset infrastruktur jalan raya perlu mempertimbangkan aspek ekonomi. Dalam hal ini aspek ekonomi infrastruktur adalah salah satu aspek dalam manajemen aset infrastruktur dan fasilitas. Dalam hal penggunaan material sebagai aspek fisik infrastruktur, maka pertimbangan terkait biaya dan manfaat akan menentukan kelayakan dari material tersebut untuk dapat dimanfaatkan kembali. Oleh karena itu dalam tulisan ini diuraikan tentang tinjauan aspek ekonomi pemanfaatan *Reclaimed Asphalt Pavement* dari Jalan Nasional di Provinsi Jawa Timur.

STUDI PUSTAKA

Reclaimed Asphalt Pavement

Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) adalah material hasil pengupasan sebagian atau seluruh permukaan lapisan perkerasan jalan dengan cara menggunakan *Cold Milling Machine* atau *full depth removal* (TRB, 2011). Material ini dapat diproses dengan cara ekstraksi untuk memperoleh aspal *RAP* dan agregat *RAP*, sehingga dapat dijadikan sebagai material untuk perkerasan jalan. Kelemahan pada material *RAP* dapat diatasi dengan cara mencampurkan *RAP* dengan material yang baru. Hal ini dilakukan dalam upaya efisiensi penggunaan material alam sebagai langkah nyata untuk kelestarian lingkungan.

Campuran Aspal Beton

Campuran Aspal Beton (*Asphalt Concrete*) adalah campuran perkerasan jalan yang terdiri dari aspal keras sebagai bahan pengikat, dan agregat-agregat kasar, halus dan pengisi/filler yang bergradasi menerus, dicampur, diamparkan dan dipadatkan dalam kondisi panas dan suhu tertentu (Hardiyatmo, 2015). Dalam hal ini campuran terdiri dari *AC-WC (Asphalt Concrete-Wearing Coarse)* atau lapis aus, *AC-BC (Asphalt Concrete-Binder Coarse)* atau lapis antara dan *AC-Base (Asphalt Concrete-Base)* atau lapis pondasi. Ukuran maksimum agregat masing-masing campuran adalah 19 mm; 25,4 mm; 37,5 mm dengan gradasi menerus/*dense graded* (Departemen Kimpraswil, 2002). Laston bersifat kedap air,

mempunyai nilai struktural, awet, kadar aspal berkisar 4-7% terhadap berat campuran. Campuran ini dapat digunakan untuk lalu lintas ringan, sedang dan berat. Campuran ini memiliki tingkat kekakuan tinggi karena itu, bahan ini tidak cocok diletakkan pada lapisan yang fleksibel seperti lapis penetrasi. Tipe kekerasan yang umumnya terjadi pada lapisan ini adalah retak dan terlepasnya butiran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa campuran ini perlu perbaikan dalam hal kelenturan dan daya tahan (Yamin, 2002).

Prinsip Dasar Pengembangan Aset

Prinsip dasar pengelolaan aset infrastruktur dikembangkan berdasarkan pada definisi manajemen aset dan beberapa pengetahuan dasar. Berkaitan dengan pengetahuan dasar yaitu: infrastruktur, fungsi infrastruktur, struktur fisik infrastruktur, infrastruktur dan eksternal, siklus infrastruktur, ekonomi infrastruktur, manajemen infrastruktur, manajemen organisasi infrastruktur, manajemen aset infrastruktur dan alat untuk analisis (Suprayitno & Soemitro, 2018).

Pengetahuan ekonomi infrastruktur diklasifikasikan dalam karakteristik ekonomi infrastruktur dasar, analisis mikro ekonomi, analisis meso ekonomi dan analisis makro ekonomi. Masing-masing jenis infrastruktur mempunyai karakteristik ekonomi dasar seperti: penggunaan gratis atau penggunaan berbayar, simbolik atau ekonomi infrastruktur, karakteristik biaya, karakteristik kemanfaatan ekonomi/finansial. Analisis mikro ekonomi terkait dengan kelayakan finansial/ekonomi, optimalisasi biaya pemeliharaan dan lain-lain. Analisis meso ekonomi terkait dengan ekonomi dari manajemen organisasi infrastruktur. Analisis makro ekonomi terkait dengan relasi antara infrastruktur dan ekonomi regional (Suprayitno & Soemitro, 2018).

Komponen Biaya

Komponen biaya yang dihitung adalah biaya pengujian laboratorium dan biaya pembuatan di *AMP (Asphalt Mixing Plant)* yang terdiri dari biaya tenaga kerja dan alat. Biaya pengujian laboratorium terdiri dari pengujian material *RAP* dan material baru, perencanaan *DMF (Design Mix Formula)* dengan pembuatan benda uji, uji Marshall, uji perendaman Marshall dan uji Kepadatan Membal. Biaya perencanaan *DMF* untuk campuran dengan *RAP* adalah biaya perencanaan sampai diperoleh campuran optimal, campuran dengan penggunaan *RAP* semaksimal mungkin dengan Kadar Aspal Optimum (KAO) sesuai dengan persyaratan Spesifikasi Bina Marga Tahun 2010 Revisi 3. Perhitungan dengan alat di *AMP*, biaya modifikasi *AMP* untuk proses pencampuran dengan *RAP* tidak diperhitungkan (Handayani, 2016).

Analisis Biaya Penggunaan RAP

Dalam Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2010, frekuensi minimum pengujian untuk pengendalian mutu harus sesuai dengan **Tabel 1** berikut ini.

Tabel 1. Pengendalian Mutu

No.	Jenis Pengujian	Frekuensi
Agregat		
1.	Abrasi dengan Mesin Los Angeles	5.000 m ³
2.	Gradasi agregat yang ditambahkan ke tumpukan dari sumber yang sama.	1.000 m ³
3.	Uji gradasi agregat dari penampung panas (<i>hot bin</i>).	250 m ³
4.	Nilai setara pasir (<i>sand equivalent</i>).	250 m ³
Campuran		
5.	Gradasi dan kadar aspal.	200 ton
6.	Kepadatan, stabilitas, kelelahan, <i>Marshall Quotient</i> , rongga dalam campuran pada 75 tumbukan.	200 ton
7.	Rongga dalam campuran pada Kepadatan Membal.	3.000 ton

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2010

Dalam proses pencampur *RAP* dengan material lain, maka faktor yang harus dipertimbangkan dalam hal ini adalah gradasi *RAP* dan kadar aspal dalam *RAP*. Perubahan gradasi dan kadar aspal *RAP* didalam pencampuran akan menyebabkan perubahan dalam perancangan *DMF (Design Mix Formula)*, sehingga frekuensi pengujian dari gradasi dan kadar aspal harus lebih diperketat.

Teknik pengambilan sampel gradasi *RAP* harus mengikuti:

- a. Untuk sampel yang diambil langsung di jalan, setidaknya diambil minimal 1 kali disetiap 1,6 lajur-km (1 lane-mil). Setiap sampel harus terdiri dari minimal 3 cor drill (NCHRP, 2001 dalam Wibowo, 2014).
- b. Untuk sampel yang diambil dari *stockpile*, dilakukan sampling gradasi dan kadar aspalnya 1 kali per 500-1000 ton, minimal 1 kali per 1000 ton (NCAT, 2008 dalam Wibowo, 2014).

Pada perhitungan analisis biaya ini, biaya penghamparan dan pemadatan di lapangan dianggap sama untuk campuran tanpa *RAP* maupun dengan *RAP* (Wibowo, 2014).

Perhitungan analisis biaya meliputi:

- a. Biaya pengujian di laboratorium diperhitungkan.
- b. Biaya produksi di lokasi AMP diperhitungkan.
- c. Biaya modifikasi di lokasi AMP untuk proses produksi tidak diperhitungkan.
- d. Jumlah campuran beraspal panas yang akan dibuat diasumsikan sebesar 5.000 m³ untuk tiap-tiap jenis campuran beraspal panas.

PENGUMPULAN DATA

Metode pengumpulan data dengan studi literatur dari penelitian tentang *Reclaimed Asphalt Pavement* dari jalan nasional di Provinsi Jawa Timur.

ANALISIS PENELITIAN

Asumsi-asumsi yang dilakukan dalam perhitungan biaya didasarkan atas:

- a. Komponen biaya terdiri dari biaya pengujian laboratorium dan biaya produksi pada *Asphalt Mixing Plant (AMP)*. Hal ini terdiri dari biaya tenaga kerja, bahan dan alat.
- b. Biaya pengujian laboratorium meliputi biaya pengujian material baik *RAP* maupun material baru, perencanaan *Design Mix Formula (DMF)* dengan pembuatan benda uji dan pelaksanaan uji Marshall, Perendaman Marshall dan Kepadatan Membal. Besarnya biaya perencanaan *DMF* untuk campuran dengan *RAP* merupakan biaya perencanaan sampai diperoleh campuran optimal, campuran dengan penggunaan *RAP* semaksimal mungkin dengan Kadar Aspal Optimum (KAO) yang memenuhi syarat Spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3 (diluar nilai VIM Marshall dan VIM Kepadatan Membal).
- c. Pada perhitungan penggunaan alat di *AMP*, biaya modifikasi *AMP* untuk proses campuran dengan *RAP* tidak diperhitungkan.

Berdasarkan asumsi pada studi pustaka, maka hasil perhitungan rekapitulasi biaya disajikan pada **Tabel 2.** berikut i

Tabel 2. Rekapitulasi Biaya Penggunaan *RAP*

No.	Peneliti	Biaya Tanpa <i>RAP</i> (Rp. /ton)			Biaya dengan <i>RAP</i> (Rp. /ton)			Penghematan (Rp. /ton)	Pengehem atan (%)
		Uji Lab	Produksi	Total	Uji Lab	Produksi	Total		
1.	Falevi (2012) AC-WC, gradasi halus, 0% RAP vs 25% RAP	1.270,8	879.906,53	881.177,30	1.748,6	884.651,36	886.399,95	5.222,65 (lebih mahal dengan RAP)	0,59%
	Asbuton yang diproses, 0% RAP	965,10	830.200,07	831.165,17					
	Asbuton yang diproses, 20% RAP				2.341,88	710.641,57	712.983,45	85,78 (118.181,72)	14,22
	Elastomer Sintetis, 20% RAP	965,10	845.056,47	846.021,57					
	Elastomer Sintetis, 20% RAP				2.341,88	711.791,78	714.133,66	84,41 (131.887,91)	15,59
3.	Kusmarini (2012) Campuran 0% RAP AC-WC, RAP 30% Gemekan-Jombang	941	668.201	669.142	2.283	535.119	537.402	131.739	19,74
	AC-WC, RAP 20% Pandaan-Malang				2.587	595.365	597.951	71.190	10,64
4.	Wibowo (2012) AC-BC, gradasi kasar, 0% RAP vs RAP 25%	1.858,12	654.084,35	655.942,47	2.854,27	539.741,48	542.595,75	82,77 (113.346,72)	17,28
5.	Harahab (2013) AC-WC, gradasi Kasar, Aspal Pen 60/70, RAP 0%	860,04	773.927,44	774.787,49					
	AC-WC, gradasi Kasar, Aspal Pen 60/70, RAP 20%				1.353,85	665.599,38	666.953,22	86,08 (107.834,27)	13,92
	AC-WC, gradasi	930,56	780.852,13	781.782,69					

	Kasar, Aspal Modifikasi Jenis TRS 55, RAP 0%								
	AC-WC , gradasi Kasar, Aspal Modifikasi Jenis TRS 55, RAP 20%				1.424,36	661.407,02	662.831,38	84,78 (118.951,31)	15,22
6.	Sujiartono (2014)								
	AC-BC , 25% RAP	1.367,46	897.713,15	899.080,61	1.701,76	764.452,52	766.154,27	85,22 (132.926,34)	14,78
	AC-Base , 35% RAP	1.367,46	876.196,93	877.564,40	1.750,52	703.972,46	705.722,98	80,42 (171.841,42)	19,58
7.	Handayani (2016)								11,73%
	AC-BC , RAP 20%, FA 4%	535	996.136,00	996.671,00	1.188,00	825.634,00	826.822,00	169.849,00	17,04
	AC-BC , RAP 20%, FA 5%	535	996.136,00	996.671,00	1.188,00	878.595,00	879.783,00	116.888,00	11,73
	AC-BC , RAP 20%, FA 6%	535	996.136,00	996.671,00	1.188,00	904.023,00	905.211,00	91.460,00	9,18

Sumber: Tesis MAI (sudah direvisi)

Berdasarkan pada **Tabel 2**, diperoleh penghematan biaya penggunaan RAP untuk lapisan AC-WC antara 10 - 19%, rata-rata sebesar 14,88%. Lapisan AC-BC penghematan penggunaan RAP antara 9 - 17%, rata-rata sebesar 14%. Lapisan AC-Base penghematan penggunaan RAP sebesar 19 - 21%, rata-rata sebesar 20,4%. Dari nilai yang diperoleh, maka tidak ada korelasi antara penghematan dan jenis campuran yang dihasilkan. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor yaitu sumber RAP berasal dari lokasi yang berbeda, persentase RAP yang dicampurkan juga berbeda dan campuran material yang ditambahkan juga berbeda.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengumpulan data dan analisis yang sudah dilakukan maka kesimpulan yang diperoleh adalah aspek ekonomi penggunaan *Reclaimed Asphalt Pavement* dapat ditinjau dari penghematan biaya yang terjadi pada masing-masing penggunaan RAP pada lapisan yaitu Lapisan AC-WC penghematan penggunaan RAP sebesar 10 - 19%, rata-rata sebesar 14,88%. Pada Lapisan AC-BC penghematan penggunaan RAP sebesar 9 - 17%, rata-rata sebesar 14%. Lapisan AC-Base penghematan penggunaan RAP sebesar 19 - 21%, rata-rata 20,4%. Tidak ada korelasi dari angka yang diperoleh karena beberapa faktor yang mempengaruhi yaitu sumber RAP berasal dari lokasi yang berbeda, persentase RAP yang dicampurkan juga berbeda dan campuran material yang ditambahkan juga berbeda.

Catatan. Penulisan studi ini didukung dengan beberapa studi literatur yang bertujuan untuk mengetahui aspek ekonomi pemanfaatan *Reclaimed Asphalt Pavement* sebagai campuran perkerasan jalan. Kami menyampaikan terima kasih yang mendalam kepada para peneliti yang karyanya menjadi rujukan dalam penulisan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Bina Marga. (2010). *Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2010 Revisi 3*. Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Budianto, H. (2009). *Menuju Jalan yang Andal*. PT. Cakra Daya Sakti. Surabaya.
- Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah. (2002). *Manual Pekerjaan Campuran Beraspal Panas*. Direktorat Jenderal Prasarana Wilayah. Jakarta.
- Falevi, R. (2012). "Optimalisasi Penggunaan Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) sebagai Bahan Campuran Beraspal Panas (Asphaltic Concrete) Tipe AC-Wearing Course (AC-WC) Gradasi Halus dengan Menggunakan Aspal Pen 60-70 Variasi Abrasi Agregat Baru (Studi Kasus Jalan Nasional Pandaan – Malang)". *Tesis Pasca Sarjana*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Handayani, R. (2016). "Analisa Penggunaan Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) sebagai Bahan Campuran Beraspal Panas Tipe Asphalt Concrete-Binder Course (ACBC) dengan Menggunakan Fly Ash (Studi Kasus Ruas Jalan Taman Waru)". *Tesis Pasca Sarjana*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Harahab, S. Soemitro, R.A.A, Budianto, H. (2013). "Optimalisasi Penggunaan Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) sebagai Bahan Campuran Beraspal Panas (Asphaltic Concrete) Tipe AC-Wearing Course (AC-WC) Gradasi Kasar dengan Aspal Pen 60-70 dan Aspal Modifikasi Jenis TRS 55 (Studi Kasus Jalan Nasional Pandaan-Malang dan Jalan Nasional Pilang-Probolinggo)". *Prosiding Seminar Nasional Pascasarjana XIII – ITS, Surabaya 15 Agustus 2013, ISBN No. 978-979-96700-6-9*.
- Hardiyatmo, H.C. (2015). *Pemeliharaan Jalan Raya – Perkerasan, Drainase, Longsoran*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Herawati, N., Soemitro, R.A.A., Budianto, H. (2012). "Analisis Penentuan Komposisi Optimal Penggunaan Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) sebagai Bahan Campuran Beraspal Panas (Asphaltic Concrete) Menggunakan Aspal Modifikasi (Studi Kasus Jalan Pilang – Probolinggo)". *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Teknologi*

- Prasarana Wilayah (ATPW) Surabaya, 11 Juli 2012. ISSN 2301-6752, Material Bahan Bangunan dan Konstruksi, hal. F-1.*
- Kusmarini, E.P., Soemitro, R.A.A., Budianto, H. (2012). “Analisis Penggunaan Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) dan Aspal Pen 60 – 70 sebagai Bahan Campuran Beraspal Panas (Asphaltic Concrete) (Studi Kasus Ruas Jalan Gemekan – Jombang dan Pandaan – Malang)”. *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Prasarana Wilayah (ATPW) Surabaya, 11 Juli 2012, ISSN 2301-6752, Material Bahan Bangunan dan Konstruksi, hal. F-5 – F-10.*
- National Asphalt Pavement Association (1996). *Hot Mix Asphalt Materials Mixture Design and Construction*. NAPA Education Foundation. Maryland
- Ortiz, O. R. Berardinelli, A., Carvajal-M., Fuentes, L.G. (2012). “Evaluation of Hot Mix Asphalt Mixtures with Replacement of Aggregates by Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) Material”. *Procedia Sosial and Behavioral Sciences 53, hal. 379-388.*
- Parveez, Prateek, Srikanta, Yathiraj, Konnur, Dinesh, (2013). “*Study on the Effect of Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) on the Mechanical Behaviour of Hot Mix Asphalt*”. India.
- Pradyumna, T Anil. Mittal, Abhishek, Jain, P.K. (2013). “Characterization of Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) for Use in Bituminous Road Construction”. *Procedia-Social and Behavioral Sciences 104, hal. 1149-1157.*
- Shen, J., Amirkhanian, S., Aune, J.M. (2007). “*Effects of Rejuvenatin Agents of Superpave Mixtures Containing Reclaimed Asphalt Pavement*”. *Journal of Materials in Civil Engineering. ASCE. May. 2007.*
- Sujiartono, A. (2014). Optimalisasi Penggunaan Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) sebagai sebagai Bahan Campuran Beraspal Panas (Asphaltic Concrete) Tipe AC-Binder Course (AC-BC) dan AC-Base Course (AC-Base) dengan Menggunakan Aspal Modifikasi Asbuton (BNA-Blend) (Studi Kasus Jalan Nasional Pilang-Probolinggo). *Tesis Pasca Sarjana*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Sukirman, S. (1995). *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Penerbit Nova. Bandung.
- Suprayitno, H., Soemitro, R.A.A. (2018). “Preliminary Reflexion on Basic Principle of Infrastructure Asset Management”. *Jurnal Manajemen Aset Infrastruktur dan Fasilitas, Vol. 2, No. 1, Maret 2018, Hal. : 1-9.*
- Suwantoro (2010). “Optimalisasi Penggunaan Material Hasil Cold Milling untuk Daur Ulang Lapisan Perkerasan Beton Aspal Tipe AC (Asphaltic Concrete)”. *Tesis Pasca Sarjana*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- TRB (2011). *A Manual for Design of Hot Mix Asphalt with Commentary*. National Cooperative Highway Research Program. NCHRP Report 673. Transportation Research Board. Washington DC.
- Wibowo, H.W. (2012). “Optimalisasi Penggunaan Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) sebagai Material Campuran pada Asphaltic Concrete Tipe AC–BC dan AC–Base dengan Pen 60-70 (Studi Kasus Jalan Nasional Pandaan – Malang)”. *Tesis Pasca Sarjana*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Widayanti, A., Soemitro, R.A.A., Ekaputri, J.J., Suprayitno, H. (2017). “Characterization of Reclaimed Asphalt Pavement as a Road Pavement Material (National Road Waru, Sidoarjo)”. *Proceeding of the 1st International Symposium on Transportation Studies in Developing Countries, Hasanuddin University, Makasar, Indonesia, November 4 – 5, 2017.*
- Widayanti, A., Soemitro, R.A.A., Ekaputri, J.J., Suprayitno, H. (2017). “Karakteristik Material Pembentuk Reclaimed Asphalt dari Jalan Nasional di Provinsi Jawa Timur”. *Jurnal Manajemen Aset Infrastruktur dan Fasilitas, Vol. 1, No. 1, Desember 2017, Hal. 22-43.*

- Widayanti, A., Soemitro, R.A.A., Ekaputri, J.J., Suprayitno, H. (2018). “Kinerja Campuran Aspal Beton dengan Reclaimed Asphalt Pavement dari Jalan Nasional di Provinsi Jawa Timur”. *Jurnal Manajemen Aset Infrastruktur dan Fasilitas*, Vol. 2, No. 1, Maret 2018, Hal. : 35-44.
- Widger, A., Skilnick, F., Zabolotnii, E. (2012). *Utilization of Recycled Asphalt in Cold Mixes and Cold In-Place Recycling Processes-Guidelines*. Engineer-In-Training Clifton Associated Ltd. Communities of Tomorrow, Leveraged Municipal Innovation Fund.
- Xiao, F., Amirghanian, S.N., Shen, J., Putman, B. (2009). “Influences of Crumb Rubber Size and Type on Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) Mixtures”. *Construction and Building Materials* 23, pp. : 1028-1034.
- Xiao, F., Amirghanian, Serji, J., Hsein, C. (2007). “Rutting Resistance of Rubberized Asphalt Concrete Pavements Containing Reclaimed Asphalt Pavement Mixtures”. *Journal of Materials in Civil Engineering*, ASCE, June 2007, pp. : 475-483.
- Yamin, R.A. (2002). “Kinerja Campuran Beraspal di Indonesia, Desiminasi Spesifikasi Baru Campuran Beraspal Panas dengan Alat PRD”. Modul 1. Puslitbang Prasarana Transportasi. Bandung.

