

KAJIAN EFISIENSI BIAYA PELAKSANAAN PROYEK DENGAN PEMANFAATAN LIMBAH CANGKANG SAWIT PADA PROSES DRYER AMP (Studi Kasus : Peningkatan Jalan Ruas Tumbang Talaken-Tumbang Jutuh Kalimantan Tengah)

Miftah Ardiyansah¹⁾, Ismiyati^{2,*)}, Syafrudin²⁾

¹⁾Magister Teknik Sipil, Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

²⁾Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

^{1,2)}Jl. Prof. H. Soedarto, S.H., Tembalang, Kota Semarang, Jawa Tengah 50275

^{)}Email : ismi.quensha@gmail.com*

Abstract

Road Infrastructure Improvement which is located on Jl.Tumbang Talaken - Jl.Tumbang Jutuh with a length of 40,920 meters and a distance of 141 km to the capital city of Palangka Raya. The condition of the remote location and the fluctuating price of diesel fuel will require large costs. While around the project is an oil palm plantation and the waste is piling up. If left untreated, palm shell waste will have a negative impact and cause disease, by utilizing palm shell waste as a dryer heater in Hotmix production as a substitute for diesel fuel with the hotmix production cost efficiency analysis method on AMP so that it can reduce production costs in the project. The results of the analysis of validity and reliability show that production by gasifying palm shell waste is feasible to replace diesel fuel. The results of the BEP analysis, that the use of shells as a substitute for diesel fuel has great potential to reduce production costs, when hotmix production is at a volume of 3,826 tons. So, with a planned hotmix production volume of 22,667 tons, it is feasible to procure or invest in shell combustion equipment. Suggestions from this study that replacing dryers with palm shell waste material as a substitute for diesel fuel can be done if the road infrastructure development project is around oil palm plantations, because in addition to being able to reduce hotmix production costs on AMP it is also an environmentally friendly waste management because it has no impact negative on the environment. If the project is not located in the vicinity of an oil palm plantation, then the use of palm shell waste as a substitute for diesel fuel needs to be further researched because the efficiency value will be different.

Kata kunci : AMP Dryer, BEP, diesel fuel, palm shells

PENDAHULUAN

Dalam pelaksanaan pekerjaan suatu proyek konstruksi ada 4 item utama yang harus dikendalikan atau di *manage* dengan baik, yaitu: Biaya, Mutu, Waktu

dan K3L, dimana semua item tersebut jika tidak berjalan sesuai rencana awal maka keempat-empatnya akan berimbas langsung pada meningkatnya biaya pelaksanaan proyek. Ketika biaya

pelaksanaan proyek meningkat dan tidak sesuai rencana yang telah disusun di awal proyek, maka yang terjadi adalah penurunan laba perusahaan atau berakibat kerugian. Sementara pelaksanaan proyek peningkatan jalan raya ruas Tumbang Talaken-Tumbang Jutuh merupakan Proyek percepatan dalam rangka pemindahan IKN baru di Pulau Kalimantan. Lokasi Proyek Peningkatan Struktur Jalan Ruas Tumbang Talaken – Tumbang Jutuh berada di kabupaten Gunung Mas – Kalimantan Tengah dimana di wilayah tersebut terdapat banyak sekali perkebunan sawit yang sangat luas yaitu sekitar 1.500.948 Ha di Kalimantan tengah dan juga terdapat sekurang-kurangnya 11 perusahaan besar pengolahan Minyak Kelapa Sawit (PT. MSAL, PT. Tintahap Panduhup Asi, PT. KAP dll) (Kementerian Pertanian RI Dirjen Perkebunan) mampu memproduksi sebanyak 4.364.115 ton per tahunnya.

Selain di Kalimantan Tengah, di wilayah Provinsi Kalimantan lainnya juga merupakan penghasil besar kelapa sawit. Provinsi Kalimantan Utara dengan luas kebun sawit 251,689 Hektar dan produksi 473,618 ton per tahun, Provinsi Kalimantan Timur dengan luas kebun sawit 1,046,746 Hektar dan memproduksi 2,212,546 ton per tahun, Provinsi Kalimantan Barat dengan luas kebun sawit 1,553,932 Hektar dan memproduksi 4,364,115 ton per tahun, serta Provinsi Kalimantan Selatan dengan luas kebun sawit 565,712 Hektar

dan memproduksi 1,360,398 ton per tahunnya, sehingga dampaknya tertumpuknya limbah cangkang sawit disekitar perkebunan sawit dan lokasi Proyek peningkatan jalan ruas Tumbang Talaken – Tumbang Jutuh dan akan mencemari sekitar IKN baru di Kalimantan.

Pembangunan Infrastruktur Jalan Raya adalah proyek padat alat berat. Alat alat berat tersebut membutuhkan bahan bakar berupa solar agar dapat beroperasi, salah satu alat yang mengkonsumsi bahan bakar cukup besar adalah *Asphalt Mixing Plant* (AMP), komponen AMP sendiri yang mengkonsumsi BBM solar paling besar adalah Mesin Pengereng *Agregat* (*Dryer*), untuk AMP dengan tipe batch 0,8 ton per sekali pencampuran (*mixing*) konsumsi BBM Solar rata – rata adalah sebesar 15 (lima belas) sampai dengan 18 (delapan belas) Liter untuk produksi per 1 (satu) ton *hotmix*. Harga solar sangat fluktuatif, sulit dikontrol harganya karena sangat tergantung terhadap fluktuasi harga minyak dunia. Sementara di sekitar proyek terdapat limbah cangkng sawit yang menumpuk dan limbah tersebut kalau tidak tertangani akan berdampak pada bau yang menyengat, timbul serangga varian baru yang membahayakan dapat menimbulkan penyakit (Badrun Y dan Mubarak, 2010/ [https:// repository.unri.ac.id](https://repository.unri.ac.id)).

Limbah berupa kulit atau tempurung yang telah dihancurkan disebut *Palm Kernel Shells* (PKS) atau cangkang sawit merupakan biomassa

murni dengan nilai kalori tinggi (>4000 Kcal / kg) yang hampir setara dengan batu bara (Pengujian Kadar Kalori, Lab Pengujian Sucofindo – Banjarmasin, 2020). Secara termodinamika kinerja konversi cangkang inti sawit menjadi gas yang mudah terbakar dapat dilakukan melalui teknologi gasifikasi (Putro, et al. 2020). Gasifikasi merupakan teknologi konversi berkelanjutan dari berbagai limbah organik seperti kotoran hewan, limbah padat kota, residu pertanian dan limbah industri ke biogas. Teknologi ini memberikan manfaat di antaranya pengelolaan limbah yang baik, teknik manajemen, peningkatan ekologi daerah pedesaan, peningkatan kesehatan melalui penurunan patogen dan optimalisasi konsumsi energi masyarakat (Nwokolo, et al, 2020)

Dengan banyaknya industri pabrik pengolahan minyak kelapa sawit (PKS) maka semakin banyak limbah cangkang kulit sawit yang dihasilkan dan bersifat terus menerus sehingga terjadi penumpukan yang memerlukan penanganan. Sesuai prinsip ekonomi karena jumlah berlimpah (*Continuous Supply*) sedangkan permintaan kurang (*Low Demand*) maka yang terjadi adalah cangkang sawit menjadi murah secara harga (Tugcu et al, 2018) Ketika konsumsi energi diukur dengan penggunaan energi total, namun hasilnya memberikan dukungan kuat dari hubungan asimetris antara konsumsi energi dan pertumbuhan ekonomi dalam jangka panjang. Kondisi demikian berbanding terbalik dengan harga BBM

Solar yang mempunyai kecenderungan harga selalu mengalami kenaikan karena merupakan bahan bakar yang tidak bisa diperbaharui sehingga secara deposit volume akan semakin berkurang jika dibandingkan dengan kebutuhan konsumsi secara global. Kenaikan harga BBM solar sangat signifikan juga terjadi pada tahun 2021/2022 akibat dampak tidak langsung dari Perang antar negara Rusia vs Ukraina. harga BBM solar mengalami kenaikan sampai dengan diatas 200% dari harga semula Rp. 9,050,- per liter menjadi Rp. 19,600,- per liternya.

Penelitian ini perlu dilakukan sebagai upaya penerapan *green construction* yang lebih ramah lingkungan dengan mereduksi penggunaan sumber energi BBM fosil tidak terbarukan dengan pemanfaatan bahan baku energi terbarukan. Dengan adanya stok cangkang sawit yang melimpah di Kalimantan maka diharapkan akan ada nilai efisiensi yang didapat ketika material tersebut bisa dimanfaatkan untuk menekan biaya dalam proyek infrastruktur jalan yang berkembang pesat di Kalimantan sejalan dengan program pemindahan dan pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) baru. “Gap” dari penelitian ini adalah: Efisiensi Biaya pelaksanaan proyek dengan pemanfaatan limbah cangkang sawit sebagai pengganti BBM Solar pada proses dryer AMP yang ramah lingkungan”, sehingga tujuan dari studi mereduksi kebutuhan solar yang cukup tinggi pada proses pengeringan agregat

pada *Dryer AMP* dengan menggantikan bahan BBM Solar dengan limbah Cangkang kulit sawit sehingga bisa menekan biaya produksi *dryer AMP* dan memperoleh nilai efisiensi pelaksanaan pekerjaan proyek jalan, sekaligus bisa mereduksi produksi limbah cangkang kulit sawit dengan penanganan yang ramah lingkungan.

Tujuan dari studi ini adalah pemanfaatan limbah cangkang sawit dengan metode gasifikasi pada *dryer AMP* untuk produksi *Hotmix* dalam rangka efisiensi pengendalian proyek, sehubungan dengan lokasi proyek yang jauh sekitar 141 km dari Palangka Raya sehingga susah untuk mendapatkan BBM Solar dan juga harga BBM Solar yang fluktuatif, sementara di sekitar proyek terdapat limbah cangkang sawit yang melimpah. Kondisi demikian kalau tidak ditangani akan menimbulkan bau yang menyengat, tumbuh hewan varian baru yang menyebabkan penyakit (Badrun, 2010).

Beberapa studi telah dilakukan bahwa penanganan limbah cangkang sawit bisa dilakukan dengan metoda gasifikasi limbah pertanian (Putro, et al. 2020), sedangkan gasifikasi sendiri merupakan metode penanganan limbah hasil pertanian yang ramah lingkungan karena bisa mereduksi CO₂. Huang, X., et al (2019) melakukan penelitian yang berbeda yang terkait yaitu mengenai hubungan utama antara konsumsi energi dan parameter produksi pada campuran aspal panas (*Hotmix*) yaitu mencari hubungan antara frekuensi *blower*

pemanas dengan konsumsi bahan bakar yang dibutuhkan, kondisi ini tergantung dari kandungan air pada *agregat*. Lain halnya penelitian yang dilakukan oleh Fauzi (2017) bahwa limbah padat dan cair yang dihasilkan oleh pabrik pengolahan minyak sawit bisa memberikan nilai tambah sebagai sumber energi dan akan memberikan nilai tambah yang lebih menguntungkan dibandingkan dengan memanfaatkan untuk produk lainnya, biomasa dapat di konversi menjadi panas untuk memproduksi uap, gas bahan bakar, gas sintesis, hidrokarbon dan lain-lainnya melalui proses termo-kimia. Penanganan limbah dengan metode gasifikasi dan dimanfaatkan sebagai pemanas *dryer AMP* untuk memproduksi *Hotmix* sebagai pengganti BBM Solar akan bisa menekan biaya pelaksanaan proyek.

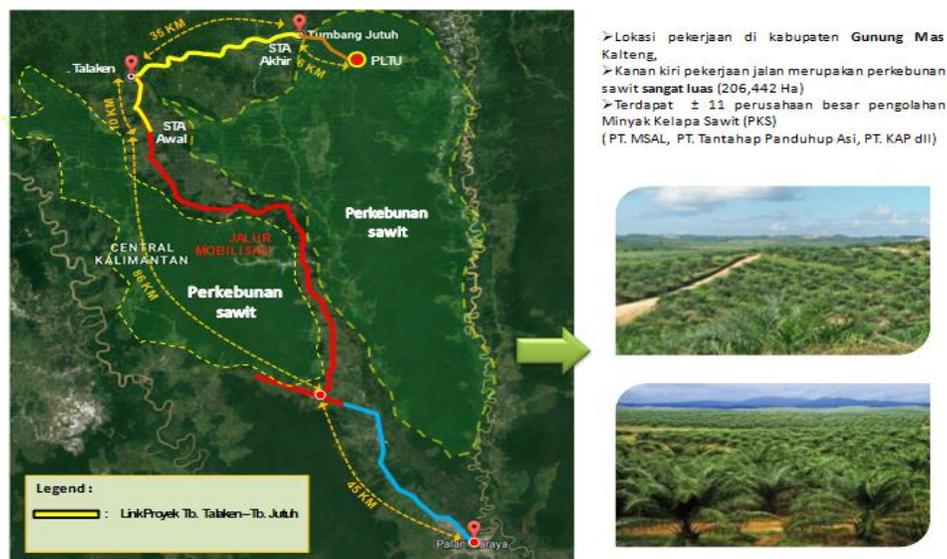
Penelitian yang dilakukan Syuhada (2018) terkait dengan suhu pada saat campuran aspal panas type AC-BC sampai dengan di angkut ke area penghamparan. Hasil studi Syuhada (2018) menunjukkan bahwa jarak transportasi yang memenuhi spesifikasi teknis berada pada jarak terjauh 165 km, dengan suhu minimal 130,1° C, pada jarak 10 cm dari permukaan dinding truk dan kehilangan suhu aspal campuran panas rata-rata ke 6 (enam) sisi permukaan dinding truk, permukaan lantai dan permukaan atas, selama 420 menit transportasi adalah (45,2° C - 65,7° C). Sementara letak proyek peningkatan jalan Ruas Tumbang Talaken-Tumbang Jutuh sejarak 41 km

layak diadakan karena diperkirakan suhu hasil pembakaran dengan memanfaatkan limbah cangkang sawit masih memenuhi spesifikasi yang dipersyaratkan.

METODE PENELITIAN

Lokasi Proyek Peningkatan Struktur Jalan Ruas Tumbang Talaken – Tumbang Jutuh berada di kabupaten

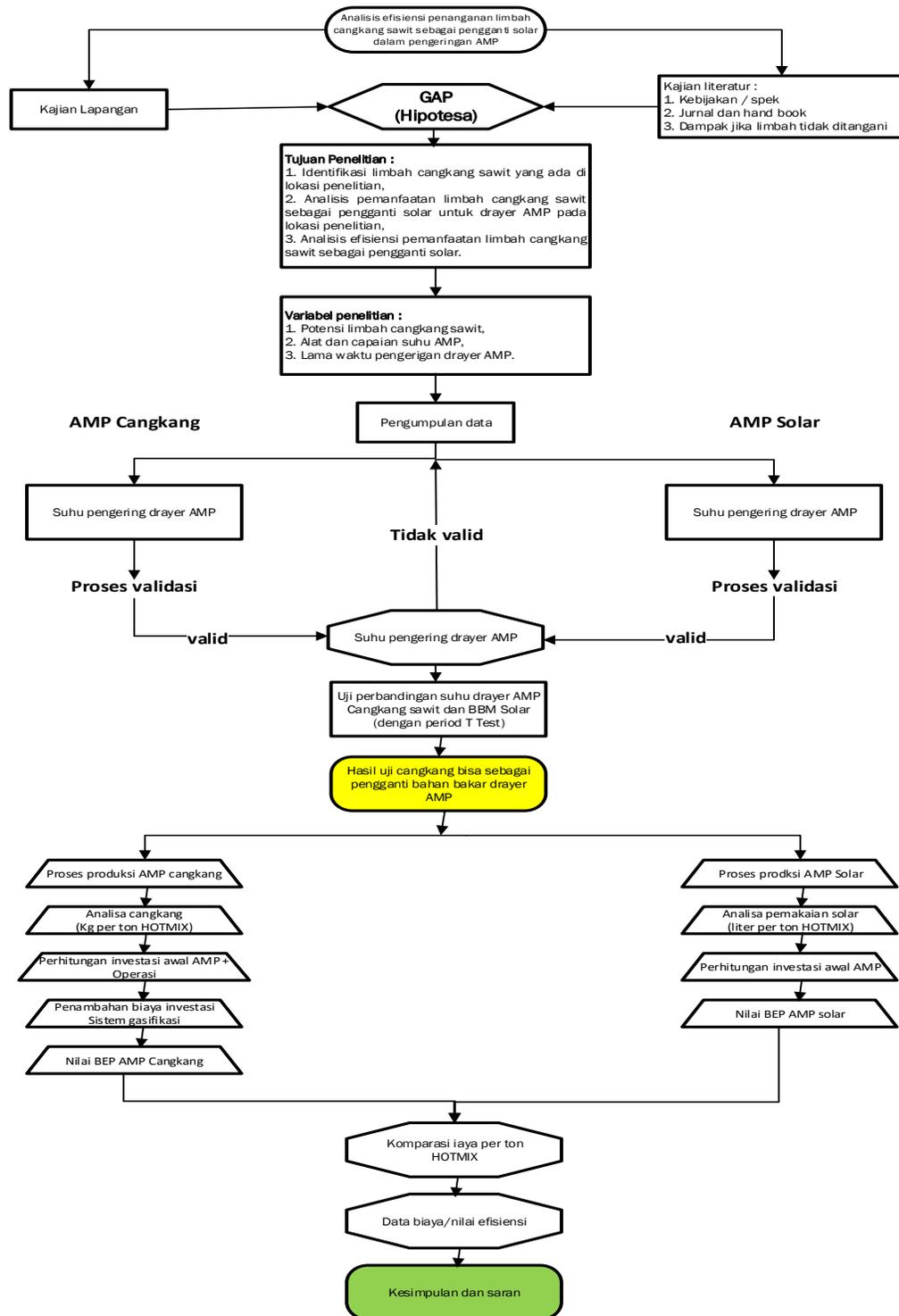
Gunung Mas – Kalimantan Tengah dimana di wilayah tersebut terdapat banyak sekali perkebunan sawit yang sangat luas dan juga terdapat sekurang-kurangnya 11 perusahaan besar pengolahan Minyak Kelapa Sawit (PT. MSAL, PT. Tantahap Panduhup Asi, PT. KAP dll).



Gambar 1. Lokasi studi Ruas Tumbang Talaken-Tumbang Jutuh kabupaten Gunung Mas Kalimantan Tengah

Penelitian dilakukan pada produksi *Hotmix* yang dilakukan pada *AMP* yang berada di Jalan Tumbang Talaken - Tumbang Jutuh Kabupaten Gunung Mas yang terletak sejauh 141 KM dari ibu Kota Palangka Raya dan terlihat pada gambar 1, sehingga untuk memperoleh BBM Solar jaraknya cukup jauh dan harga sangat fluktuatif. Sementara limbah cangkang sawit tertumpuk disekitar proyek sehingga studi ini

memanfaatkan limbah cangkang sawit sebagai dryer *AMP* untuk produksi *Hotmix* dengan tujuan untuk efisiensi biaya produksi pada pelaksanaan proyek peningkatan jalan “ Ruas Tumbang Talaken-Tumnag Jutuh di Kalteng, sekaligus sebagai penanganan limbah cangkang sawit yang ramah lingkungan, proses penelitian terlihat pada bagan alir pola pikir metode penelitian.



Gambar 2. Bagan Alir Pola Pikir Metoda Penelitian

Metode Pengumpulan Data dilakukan dengan mendata suhu pada proses pengeringan pada *dryer AMP* dengan BBM Solar dan Cangkang Sawit pada proses pengeringan *dryer* pada *AMP* produksi *Hotmix* serta suhu waktu penghamparan ke lokasi pekerjaan jalan (Proses terlihat pada Gambar 3). Setelah data terkumpul dilakukan uji *validitas dengan distribusi normal* untuk kecukupan data dan *reabilitas dengan Cronbact alpha* untuk membuktikan bahwa alat *dyer* pada *AMP* produksi *Hotmix* dipastikan handal bisa menghasilkan suhu sesuai spesifikasi. Setelah uji *validitas* dan *reabilitas* dinyatakan diterima maka perlu dilakukan uji perbandingan dengan uji *Paired Sample Test* antara suhu yang dihasilkan dengan *dryer AMP* yang memanfaatkan limbah cangkang sawit dan BBM Solar. Setelah hasil uji *paired Sample Test* dinyatakan layak bahwa *dryer* pada *AMP* dengan limbah cangkang sawit bisa menggantikan BBM Solar, maka dilakukan analisis efisiensi dengan analisis *BEP (Break Event Point)*. Analisis Efisiensi dengan *BEP* dengan terlebih dulu menghitung nilai investasi dan produksi masing masing alat *AMP* baik dengan bahan bakar BBM solar maupun bahan bakar cangkang kulit sawit terlihat pada Gambar 3 di bawah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

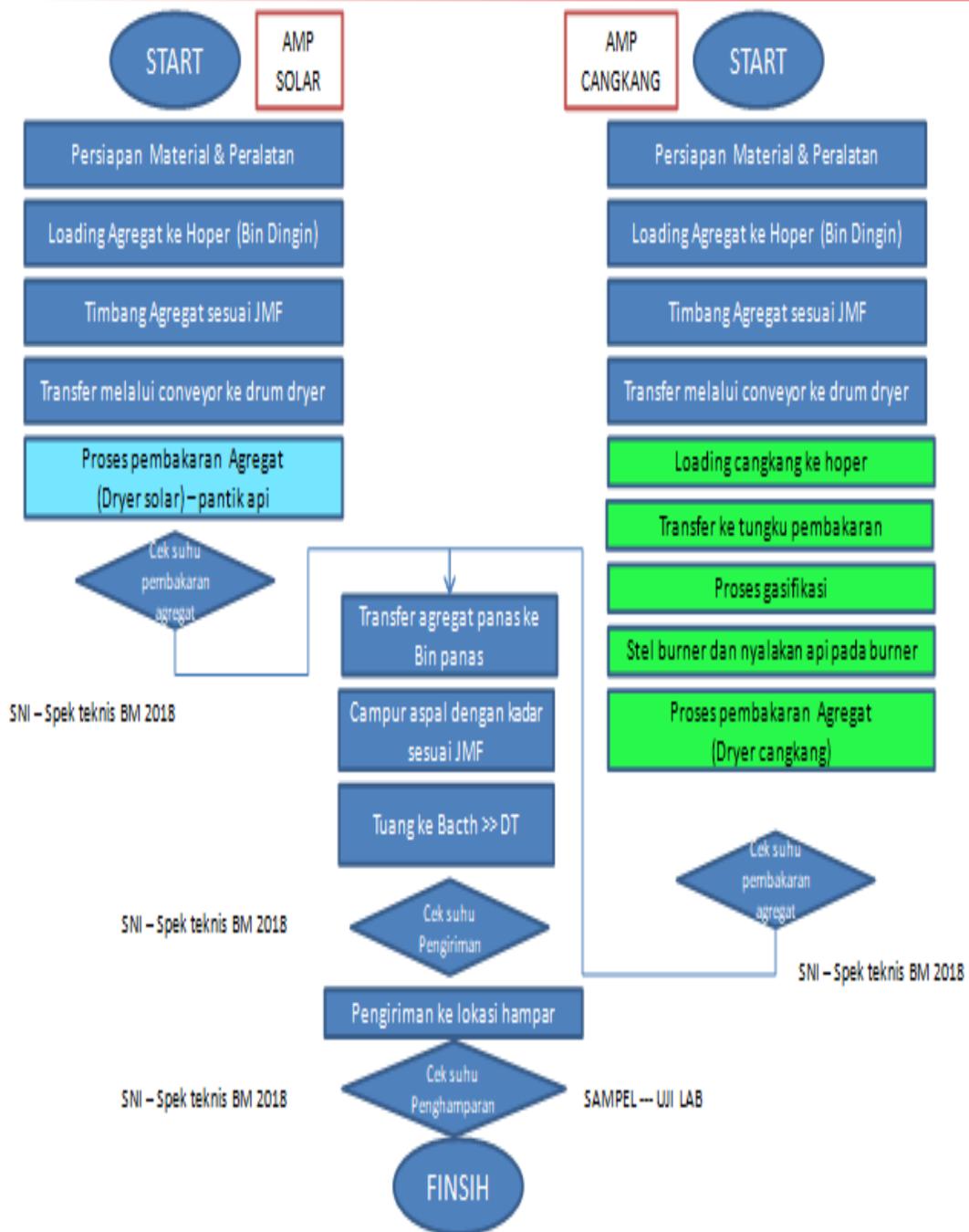
Hasil penelitian berupa suhu yang dihasilkan pada *dryer AMP* dengan

menggunakan bahan bakar BBM Solar dan suhu yang dihasilkan pada *dyer AMP* dengan bahan bakar limbah cangkang. Kemudian dilakukan *Uji Validitas pada tabel 1* dan *Uji Reabilitas* terlihat pada tabel 2 untuk membuktikan bahwa data cukup dan layak untuk dilakukan uji *compare pair Tes*, yaitu suatu Uji untuk membuktikan bahwa suhu yang dihasilkan pada *dryer AMP* dengan limbah cangkang sawit tidak berbeda dengan BBM Solar.

Tabel 1. Rekapitulasi Uji Normalitas terlihat bahwa semua data hasil penelitian produksi *Hotmix* dengan *dryer* pada *AMP* berbahan bakar limbah cangkang kulit sawit dan BBM solar dinyatakan *valid* atau data cukup untuk dilakukan uji perbandingan untuk membuktikan bahwa bahan bakar limbah cangkang kulit sawit bisa menggantikan BBM Solar.

Uji Reabilitas

Uji reliabilitas pada indikator proses pembakaran material *agregat Hot Mix* dengan *drayer AMP* menggunakan 4 parameter sebagai variable X. Variabel yang dimaksud adalah suhu yang dihasilkan pada proses pembakaran material *agregat Hot Mix* dengan *dryer AMP* menggunakan bahan bakar limbah cangkang kulit sawit. Hasil uji *reliabilitas* dapat dilihat pada Tabel. 2.



Gambar 3. Proses *Dryer AMP* Produksi *Hotmix* baik menggunakan Limbah Cangkang Sawit maupun BBM Solar.

Tabel 1. Rekapitulasi Hasil Penelitian berupa suhu pada *dryer AMP* dan Uji Validitas

Produksi AMP Ke-	Dryer pada AMP	Jumlah Produksi N	Nilai Rata2 Hitung Temperatur (X)	Standart Deviasi (σ)	Test Statistic	Asymp. Siq (2 Tail)	Data Cukup siq > 0.05
AMP 1	Cangkang	23	152,43	1,754	0,119	0,2	Valid
Hari Ke-1	BBM Solar	23	152,39	1,699	0,119	0,2	Valid
AMP 2	Cangkang	15	152,60	1,764	0,103	0,2	Valid
Hari ke-2	BBM Solar	15	152,73	1,751	0,103	0,2	Valid
AMP 3	Cangkang	12	152,83	1,642	0,161	0,2	Valid
Hari ke-3	BBM Solar	12	152,58	1,781	0,161	0,2	Valid
AMP 4	Cangkang	7	152,85	1,951	0,180	0,2	Valid
Hari ke - 4	BBM Solar	7	152,00	1,914	0,180	0,2	Valid
AMP 5	Cangkang	16	152,37	1,821	0,126	0,2	Valid
Hari ke - 5	BBM Solar	16	152,25	1,693	0,126	0,2	Valid
AMP 6	Cangkang	12	152,00	1,705	0,138	0,2	Vaid
Hari ke - 6	BBM Solar	12	152,41	1,676	0,138	0,2	Valid

Tabel 2. Uji Reabilitas Bahwa Instrumen Dryer pad AMP Produksi Hotmix

<i>Reliability Statistics</i>	
Cronbach's Alpha	N of Items
.635	4

Uji *reliabilitas* dengan uji *variable* suhu hasil gasifikasi menghasilkan nilai *Cronbach's Alpha* 0,635 > 0,600 sehingga dapat disimpulkan bahwa semua *instrument* yang dipergunakan untuk proses pembakaran material *agregat* pada penelitian ini adalah sangat *reliabel*.

Uji Perbandingan dengan Paired Samples Test

Uji Perbandingan antara hasil penelitian variabel suhu pada *dryer AMP* produksi

Hotmix dengan limbah cangkang sawit dan BBM Solar telah dilakukan untuk membuktikan bahwa *dryer* pada *AMP* berbahan bakar limbah cangkang sawit bisa menggantikan BBM solar pada proses pencampuran Hotmix dengan suhu sesuai spesifikasi Pelaksanaan Proyek Peningkatan Jalan “Ruas Tumbang Talaken-Tumbang Jutuh” KalTeng, hasil terlihat pada Tabel.3 dan Tabel. 4.

Tabel 3. Uji Perbandingan dengan *Paired Samples Tes (SPSS Versi 17)*

		Paired Samples Test							
		Paired Differences		95% Confidence Interval of the Difference					
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	Lower	Upper	t	df	Sig. (2-tailed)
Pair 1	Suhu Cangkang - Suhu Solar	.05882	2.35207	.25512	-.44851	.56615	.231	84	.818

Tabel 4. Rekapitulasi Hasil Uji Perbandingan dengan *Paired Samples T Test*

Material	Nilai rata rata	Standard Deviasi	N	T Hitung	Sig	Keterangan
Cangkang	0,05882	2,35207	85	0,231	0,818	Diterima
Solar	0,05882	2,35207				

Tabel 4 menggambarkan bahwa data yang dihasilkan dari Uji Perbandingan *Paired T Test* antara suhu pembakaran material *agregat Hot Mix* dengan *dryer AMP* dengan menggunakan bahan bakar limbah cangkang sawit maupun bahan bakar solar dapat diterima.

Analisis Efisiensi dengan BEP (Break Even Point)

Break Event Point (BEP) merupakan suatu analisis yang menunjukkan biaya sama dengan pendapatan atau investasi - efisiensi sama dengan nol (0). Perlunya dilakukan perhitungan *BEP*, untuk memastikan nilai efisiensi yang diperoleh apakah sebanding atau dapat menutup biaya biaya investasi yang telah dikeluarkan, dengan parameter jumlah volume produksi tertentu. Perhitungan *BEP* diperlukan agar pihak manajemen proyek bisa memutuskan apakah investasi alat *Gasifier* tersebut perlu dilakukan.

Perhitungan *BEP* dilakukan dengan *trial* volume produksi *Hotmix* dari tonase terkecil sampai terbesar kemudian dilihat pengaruhnya terhadap pergerakan harga satuan produksi yang harus dikeluarkan. Jika Analisa Harga menggunakan *Asphalt Mixing Plant* berbahan bakar Solar dan *Asphalt Mixing Plant* berbahan bakar cangkang tidak terdapat nilai efisiensi (deviasi Nol) maka volume tersebut merupakan volume *BEP*. Adapun rumus *BEP* sebagai berikut:

Rumusan BEP (Break Event Point)

$$BEP = (Eff \cdot \sum vol) - ((inv + Prod) \cdot \sum vol) = 0$$

BEP = Break Event Point

Eff = Nilai Efisiensi

Inv = Biaya Investasi

Prod= Biaya Produksi Per Ton

$\sum vol$ = Jumlah Minimum Tonase Hotmix

Analisis Efisiensi dengan *BEP* dengan terlebih dulu menghitung nilai investasi dan produksi masing masing alat *AMP*

baik dengan bahan bakar *BBM* solar (tabel 5) maupun bahan bakar cangkang kulit sawit terlihat pada tabel berikut:

Tabel 5. Data Produksi *Hotmix* memakai Bahan Bakar Cangkang

No	Tgl	Produksi Hotmix (Ton)	Bucket (Pcs)	Kap Per Bucket (m3)	Konsumsi Cangkang			Konsumsi Cangkang/Ton Hotmix (kg/ton)
					Total Volume (m3)	Berat Jenis Cangkang (gr/cm3)	Total Berat Cangkang (Kg)	
1	21-Feb-22	204.80	10.00	1.95	19.50	0.63	12,285.00	59.99
2	22-Feb-22	153.60	7.00	1.95	13.65	0.63	8,599.50	55.99
3	23-Feb-22	211.20	12.00	1.95	23.40	0.63	14,742.00	69.80
4	24-Feb-22	44.80	3.00	1.95	5.85	0.63	3,685.50	82.27
5	25-Feb-22	Tidak Produksi						
6	26-Feb-22	185.60	8.00	1.95	15.60	0.63	9,828.00	52.95
7	27-Feb-22	25.60	2.00	1.95	3.90	0.63	2,457.00	95.98
8	28-Feb-22	119.80	5.00	1.95	9.75	0.63	6,142.50	51.27
TOTAL		945.40					57,739.50	
							Rata - Rata (kg/ton)	61.07

Berdasarkan tabel 5 diperoleh perhitungan rata-rata konsumsi cangkang sawit untuk produksi per 1 (satu) ton *Hotmix* adalah sebanyak 61,07 Kilogram. Meskipun menggunakan bahan bakar cangkang pada *dryer AMP*, namun untuk mendukung produksi

limbah cangkang sawit masih diperlukan *BBM Solar*, adapun perhitungan total produksi per ton terlihat pada tabel 6. Konsumsi *BBM* pada *dryer AMP* dengan bahan bakar *BB Solar* terlihat pada tabel 7.

Tabel 6. Data Konsumsi *BBM Solar* Pendukung Cangkang

No	Tgl	Produksi Hotmix (Ton)	BBM Solar		Total Konsumsi Solar (Liter)	
			Genset (Liter)	Wheel Loader (Liter)		
1	21-Feb-22	204.80	209.00	126.00	335.00	
2	22-Feb-22	153.60	167.00	-	167.00	
3	23-Feb-22	211.20	221.00	208.00	429.00	
4	24-Feb-22	44.80	55.00	-	55.00	
5	25-Feb-22	Tidak Produksi				
6	26-Feb-22	185.60	193.00	120.00	313.00	
7	27-Feb-22	25.60	45.00	-	45.00	
8	28-Feb-22	119.80	114.00	-	114.00	
TOTAL		945.40	Jumlah		1,458.00	
					Rata - Rata (Ltr/ton)	1.54

Tabel 7. Data Produksi *Hotmix* dengan *Dryer AMP* memakai Bakar BM Solar

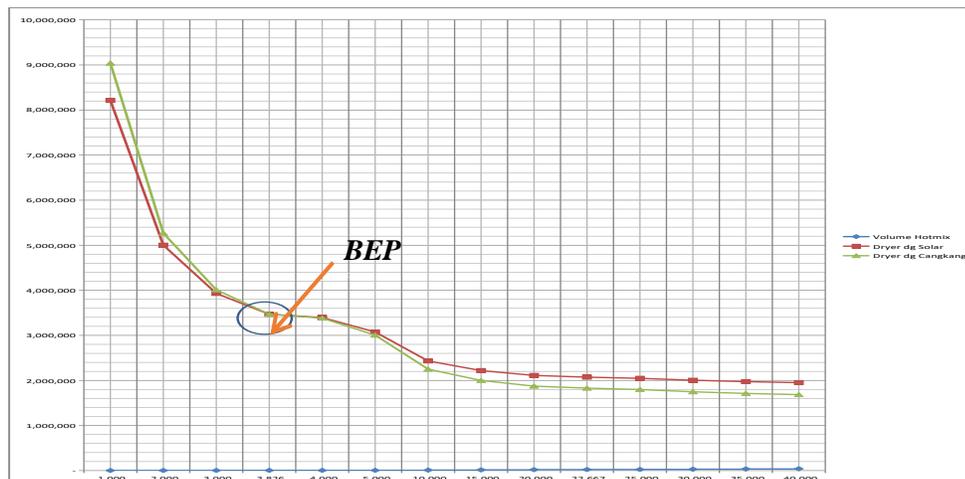
No	Tgl	Produksi Hotmix (Ton)	BBM Solar Dryer		Pemakaian (Liter)	BBM Solar Genset (Liter)	Total Konsumsi Solar (Liter)	
			Pengukuran Sebelum	Sisa				
1	30-Nov-21	148.00	3,635.79	1,418.84	2,216.95	129.00	2,345.95	
2	1-Dec-21	96.80	4,433.89	2,808.13	1,625.76	85.00	1,710.76	
3	2-Dec-21	73.60	2,808.13	1,477.96	1,330.17	172.00	1,502.17	
4	3-Dec-21	100.80	3,340.19	1,891.79	1,448.40	85.00	1,533.40	
5	4-Dec-21	102.40	3,251.52	1,359.73	1,891.79	132.00	2,023.79	
6	5-Dec-21	Tidak Produksi				-		
7	6-Dec-21	72.80	4,611.24	3,015.04	1,596.20	88.00	1,684.20	
8	7-Dec-21	81.60	3,015.04	1,241.49	1,773.55	140.00	1,913.55	
TOTAL		676.00				Jumlah	12,713.82	
							Rata - Rata (Ltr/ton)	18.81

Berdasarkan tabel 7 di atas diperoleh perhitungan rata - rata pemakaian BBM Solar untuk produksi 1 (satu) ton *Hotmix* adalah sebanyak **18,81** Liter

Tabel 8. Perhitungan *BEP** (*Break Event Point*)

No	Volume Hotmix	Satuan	Dryer dg Solar		Dryer dg Cangkang		Nilai Efisiensi		Ket
			HS	Jumlah	HS	Jumlah	Rp	%	
1	1,000	Ton	8,213,218	8,213,217,642	9,039,853	9,039,853,235	(826,635,593)	-10.06%	Rugi
2	2,000	Ton	5,001,438	10,002,876,175	5,267,886	10,535,772,130	(532,895,955)	-5.33%	Rugi
4	3,000	Ton	3,930,845	11,792,534,708	4,010,564	12,031,691,026	(239,156,318)	-2.03%	Rugi
3	3,826	Ton	3,467,897	13,266,673,901	3,467,897	13,266,673,524	377	0.00%	BEP
4	4,000	Ton	3,395,548	13,582,193,241	3,381,902	13,527,609,921	54,583,320	0.40%	Untung
5	5,000	Ton	3,074,370	15,371,851,774	3,004,706	15,023,528,816	348,322,958	2.27%	Untung
6	10,000	Ton	2,432,014	24,320,144,439	2,250,312	22,503,123,292	1,817,021,147	7.47%	Untung
7	15,000	Ton	2,217,896	33,268,437,104	1,998,848	29,982,717,768	3,285,719,336	9.88%	Untung
8	20,000	Ton	2,110,836	42,216,729,769	1,873,116	37,462,312,245	4,754,417,525	11.26%	Untung
9	22,667	Ton	2,073,047	46,990,543,201	1,828,735	41,452,628,474	5,537,914,728	11.79%	Untung
10	25,000	Ton	2,046,601	51,165,022,434	1,797,676	44,941,906,721	6,223,115,714	12.16%	Untung
11	30,000	Ton	2,003,777	60,113,315,099	1,747,383	52,421,501,197	7,691,813,902	12.80%	Untung
12	35,000	Ton	1,973,189	69,061,607,764	1,711,460	59,901,095,673	9,160,512,091	13.26%	Untung
13	40,000	Ton	1,950,248	78,009,900,429	1,684,517	67,380,690,149	10,629,210,280	13.63%	Untung

Ket: * *BEP* = adalah suatu kondisi dimana tidak terjadi keuntungan atau kerugian



Gambar 4. Grafik *BEP* Produksi Cangkang dan BBM Solar

Dari perhitungan *BEP* pada tabel 8 dan terlihat pada Gambar 4, didapatkan bahwa penggunaan *gasifier* cangkang sesuai perhitungan analitis capaian nilai *BEP* terdapat pada volume produksi **3,826** ton dimana volume tersebut lebih kecil dari rencana volume kontrak sebesar 22,667 ton sehingga dapat disimpulkan bahwa investasi *gasifier* cangkang kulit sawit layak dilakukan.

SIMPULAN

Hasil analisis dapat disimpulkan bahwa pemanfaatan limbah cangkang sawit layak bisa menggantikan bahan bakar BBM solar pada proses *dryer AMP* produksi *Hotmix* dengan tujuan menekan biaya dan memperoleh nilai efisiensi pada pengendalian Proyek Peningkatan Jalan Ruas Tumbang Talaken- Tumbang Jutuh Kalimantan Tengah. Suhu campuran pada *dryer AMP* solar dan cangkang berada pada angka 150 sd 155^oC memenuhi spesifikasi yang dipersyaratkan yaitu suhu campuran antara 145 sd 155^oC, begitupun suhu penghamparan pada *dryer AMP* solar dan cangkang berada pada angka 145^oC sd 149^oC juga memenuhi spesifikasi yang dipersyaratkan untuk suhu penghamparan dan pematatan awal 125 sd 145^oC. Hasil analisis biaya dengan metode analisis *BEP (Break Even Point)* bisa dijelaskan bahwa, rata rata pemakaian BBM Solar untuk produksi 1 ton *hotmix* adalah sebanyak 18,85 Liter dengan harga BBM Solar sebesar Rp. 19,600,- / liter maka kandungan biaya

BBM yang diperlukan untuk produksi *hotmix* per ton adalah sebesar 18,85 liter x Rp.19,600,- = Rp.368,625,-, sedangkan rata-rata konsumsi cangkang sawit untuk produksi per 1 ton *hotmix* adalah sebanyak 61,07 Kilogram, dengan harga cangkang sawit sebesar Rp. 650,- maka kandungan biaya untuk cangkang sawit adalah sebesar 61,07 kg x Rp. 650,- = Rp.39,698,-. Terlihat perbedaan biaya untuk kebutuhan *dryer* pada *Asphalt Mixing Plant* pada solar dan cangkang sawit, maka penggunaan cangkang sebagai pengganti BBM solar sangat berpotensi besar untuk menekan biaya produksi dan juga menekan penggunaan BBM solar yang tidak dapat diperbaharui sehingga berdampak positif terhadap keseimbangan lingkungan. Nilai *BEP (Break Event Point)* yang dihasilkan adalah ketika produksi *hotmix* pada volume 3,826 ton, dengan rencana volume produksi *hotmix* sebesar 22,667 ton maka untuk pengadaan atau investasi alat pembakaran cangkang layak dilakukan karena *BEP* berada di bawah nilai target produksi sehingga ketika produksi sudah di atas volume *BEP* berbanding lurus dengan nilai efisiensi yang didapat juga akan semakin tinggi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh dosen Magister Teknik Sipil Universitas Diponegoro, serta staf administrasi akademik yang banyak membantu selama

studi di Magister Teknik Sipil Universitas Diponegoro.

DAFTAR PUSTAKA

- Anand, M., Deepanraj, B., Ranjitha, J., Noor, M.M., 2020, *Biodiesel Production from Mixed Elengi and Pongamia Oil using Calcined Waste Animal Bone as a Novel Heterogeneous Catalyst.*, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 923 (1), art. no. 012063,.
- Bražiunas, J. 2015, *Investigation into technological parameters of bitumen batching in an asphalt mixing plant* *Journal of Civil Engineering and Management*, 21 (7), pp. 958-965.
- Calabi-Floody, A.T., Valdés-Vidal, G.A., Sanchez-Alonso, E., Mardones-Parra, L.A., 2020, *Evaluation of gas emissions, energy consumption and production costs of Warm Mix Asphalt (WMA) involving natural zeolite and Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) Sustainability (Switzerland)*, 12 (16), art. no. 6410 .
- DPU Dirjen Bina Marga, 2005., *Pemeriksaan peralatan unit produksi campuran beraspal (Asphalt Mixing Plant)*, Jakarta, Indonesia.
- Fauzi, 2017, *Potensi Limbah Perkebunan Kelapa Sawit Sebagai Sumber Energi Alternatif terbarukan di Wilayah Kalimantan Barat, Pontianak, Indonesia.*
- Galbraith, C.S. and Stiles, C.H., 1983, *Firm Profitability and Relative Firm Power.* *Strategic Management Journal* 4 (3), 237-249.
- Huang, X., Yang, J., Fang, H., Cai, Y., Zhu, H., 2019, *Energy Consumption Analysis and Prediction of Hot Mix Asphalt* *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 490 (3), art. no. 032029.
- Kovács, R., Mandula, J., 2020, *Environmental assessment of existing pavements asphalt layers for production of new asphalt mixtures*, *IOP Conference Series : Materials Science and Engineering*, 867 (1), art. no. 012024.
- Kenawy, S.H., Khalil, A.M., 2021, *Reclaiming waste rubber for a green environment* *Biointerface Research in Applied Chemistry*, 11 (1), pp. 8413-8423.
- Nwabunwanne Nwokolo, Patrick Mukumba, KeChrist Obileke, Matthew Enebe, 2020, *Waste to Energy: A Focus on the Impact of Substrate Type in Biogas Production.*
- Pustran Balitbang PU, 1989, *Tata Cara Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (Laston) Untuk Jalan Raya*, Jakarta, Indonesia.
- Putro, F.A., Pranolo, S.H., Waluyo, J., Setyawan, A., 2020,

- Thermodynamic study of palm kernel shell gasification for aggregate heating in an asphalt mixing plant*, *International Journal of Renewable Energy Development*, 9 (2), pp. 311-317.
- Rathore, M., Zaumanis, M., 2020, *Impact of laboratory mixing procedure on the properties of reclaimed asphalt pavement mixtures* *Construction and Building Materials*, 264, art. no. 120709.
- Ruffino, B., Farina, A., Dalmazzo, D., Blengini, G., Zanetti, M., Santagata, E., 2020, *Cost analysis and environmental assessment of recycling paint sludge in asphalt pavements* *Environmental Science and Pollution Research*.
- Suminto, Dkk, 2013, *Standards Requirement in Supporting the Development of New Energy Sources (Biogas)*, Jakarta, Indonesia.
- Suyitno, 2008, *Teknologi Gasifikasi Biomasa untuk Penyediaan Listrik dan Panas Skala Kecil Menengah*; Dalam Kumpulan Potret Hasil Karya IPTEK. UNS Press.
- Turner, D.A., Williams, I.D., Kemp, S., 2015, *Greenhouse gas emission factors for recycling of source-segregated waste materials* *Resources, Conservation and Recycling*, 105, pp. 186-19.