



Modifikasi kereb dengan inovasi fitur *self-glow* melalui penambahan fosforence dan glass bead

Reza Alisa Ardyanti^{a*}, Riskina Wilosa Dwiwardani^b, Riza Susanti^c, Asri Nurdiana^d

^{a*, b, c, d} Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro, Indonesia

ARTICLE INFO

Corresponding author:

Email:

riskinawilosa24@gmail.com

rezaalisaardiyanti@students.undip.ac.id

Article history:

Received : 21 August 2023

Revised : 12 January 2024

Accepted : 17 May 2024

Publish : 30 June 2024

Keywords:

Fosforence and Glass Bead, Kerb, Self-Glow

ABSTRACT

The increase in population in Indonesia occurs rapidly as the years go by, which is directly proportional to the need for adequate facilities and infrastructure for carrying out activities and mobilizing from one place to another. Fulfillment of multi-story parking facilities is often found in the basement. It can be supported by additional facilities that help vehicle drivers take advantage of limited land. This section is quite dark and can potentially harm drivers because it causes high installation and maintenance costs for electrical installations and lighting. In overcoming this problem, one alternative research effort is to innovate the addition of a self-glow feature by adding phosphorescence powder and glass beads to modifications to conventional carriages' road dividers. Using a layer variation of 30%P1 20%P2; (15%F1;60%T1); (20%F2;80%T2); (25%F3;100%); top coat 100:50 tested for drying time, adhesion test, low-temperature test, softening point test, shelf life test, gradation test, and reflectivity test according to SNI 03-6450-2000. Glass waste was chosen as an additional material because it has the same properties as glass beads in reflecting light. Phosphorescence powder can glow in the dark, while glass beads can reflect light. Then it went through various testing processes (30%P1; 25%; 100%F3), which is an efficient variation and has the quality of the results of the luminescence test and reflectivity test, namely Qd 417, and it can be seen that the water-based phosphorescence coating can light up to 50 minutes at exposure 46.2 lux.

Copyright © 2024 PILARS-UNDIP

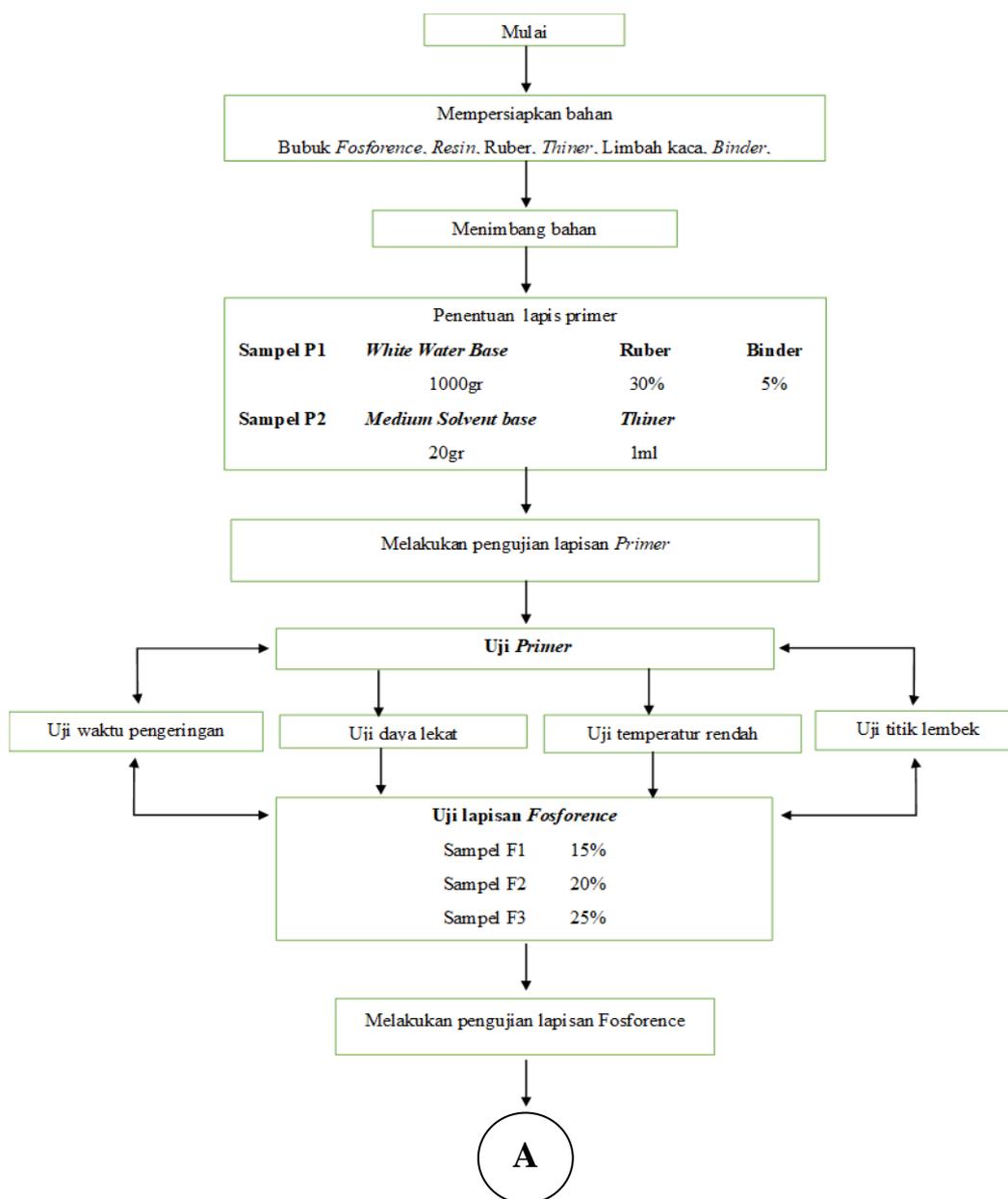
1. Pendahuluan

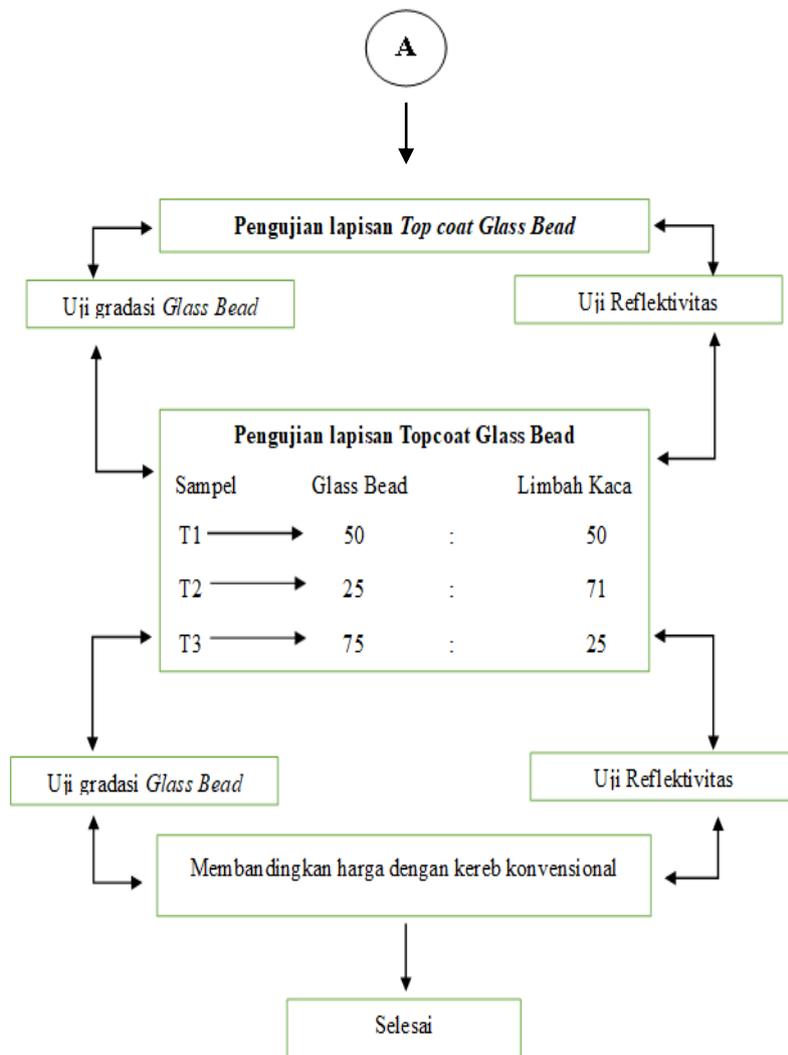
Perencanaan fasilitas parkir yang tepat dapat meminimalisir terjadinya hambatan atau gangguan lalu lintas di sekitar gedung yang dibangun. Hal – hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan yaitu desain ruang parkir, pintu pelayanan parkir, zona parkir, desain rambu dan marka parkir, pencahayaan tempat parkir, desain perkerasan pelataran parkir, serta pembatas tepi jalan. Fasilitas parkir pada gedung bertingkat seringkali dijumpai terletak pada bagian basement, di mana bagian ini merupakan bagian yang cukup gelap karena sulitnya cahaya alami untuk masuk dari luar, sehingga membutuhkan pencahayaan yang memadai agar tidak membahayakan pengemudi kendaraan. Salah satu fasilitas jalan dalam mengurangi risiko terjadinya kecelakaan ialah kereb. Kereb merupakan jenis pembatas tepi jalan yang mampu meningkatkan keamanan bagi pejalan kaki di pelataran parkir, kenyamanan bagi kendaraan yang terparkir, dan membantu kelancaran lalu lintas pengemudi dalam berkendara di pelataran parkir karena dapat memudahkan proses identifikasi area pergerakan kendaraan (Anwar, dkk. 2009). Kondisi basement yang cukup gelap, diperlukan instalasi lampu yang tidak sedikit di mana hal ini dapat dinilai kurang ekonomis karena menyebabkan tingginya biaya pemasangan dan perawatan instalasi listrik (Firdaus, dkk. 2022).

Kereb merupakan pembatas jalan atau mempertegas batas jalan (Momataz, dkk. 2022). Fosforence memiliki efek berpendar dalam gelap didapat dari sifat material yang dapat menyerap dan memancarkannya kembali (Poelman, dkk. 2010). Semakin banyak jumlah penggunaan bubuk fosfor akan semakin terang berpendar dalam gelap (Chai ling, dkk. 2022). Glass bead dapat memantulkan cahaya kendaraan yang datang (Emura, dkk. 2015). Sedangkan limbah kaca dapat berfungsi sebagai pemantulan cahaya datar (Santosa, dkk. 2018). Penambahan fitur pada kereb dengan melapis berbahan fosforance dan glass bead diharapkan dapat menyala pada malam hari untuk mengatasi minimnya penerangan pada lahan parkir, mengurangi penggunaan daya listrik berlebih sebagai upaya ramah lingkungan dan pemanfaatan limbah.

2. Data dan metode

Metode kuantitatif dipilih penelian dengan data yang didapat dari percobaan laboratorium. Berdasarkan jobmix design yang telah dilakukan yaitu perbandingan variasai pada setiap lapisan perlapisnya 30%P1 20%P2; (15%F1;60%T1); (20%F2;80%T2); (25%F3;100%); top coat 100:50 diuji waktu pengeringan, uji daya lekat, uji temperatur rendah, uji titik lembek, uji lama berepdar, uji gradasi, uji reflektifitas sesuai SNI 03-6450-2000 ditunjukkan pada Gambar 1.





Gambar 1. Diagram alir penelitian

2.1. Metode pengujian benda uji

Setelah memilih *job mix* yang tepat dan melakukan berbagai pengujian, maka cara pembuatan Kereb *Self-Glow* sebagai berikut:

1) Pembuatan *primer* (P1)

Menyiapkan bahan dan alat yang diperlukan, menimbang *white water base* transparan sebagai pelapis awal, menimbang *binder*, dan menimbang *ruber*. Adapun lapisan *primer* ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Lapisan *primer*

2) Pembuatan pelapis fosforence (F3)

Menimbang *transparan base*, menimbang bubuk *fosforance*. Adapun lapisan *fosforance* ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Lapisan fosforence

3) Pembuatan pelapis top coat pada kereb inovasi

Menimbang *resin*, menimbang *epoxy*. Adapun pembuatan pelapis *top coat* disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Pembuatan pelapis top coat

4) Pembuatan campuran top coat glass bead (T3) dan limbah kaca

Menimbang *glass bead*, menimbang limbah kaca. Adapun pembuatan lapis *glass bead* limbah kaca disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Pembuatan lapis glass bead limbah kaca

5) Pengaplikasian pada Kereb

- Menyiapkan kereb pada bagian yang akan dilapisi diberi isolasi pada pinggir bidang miring agar pelapis tidak keluar dari bidang miring.
- Lalu mengoleskan pelapis primer water base (P1) pada kereb menggunakan kuas secara merata.

- c) Setelah pelapis primer kering lalu mengaplikasikan pelapis *fosforence* (F3) 25 gram menggunakan kuas secara merata.
- d) Setelah pelapis *fosforence* kering lalu menuangkan lapisan *top coat resin* diatas pelapis *fosforence* menggunakan kuas.
- e) Menunggu hingga lapisan kering dan kereb *self-glow*.

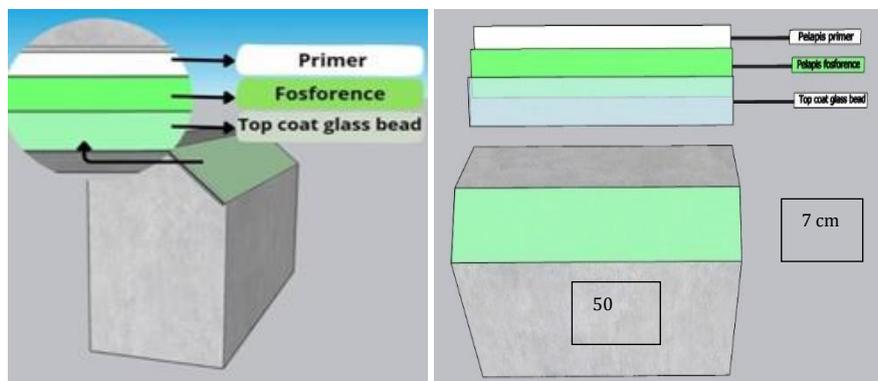
2.2. Job Mix Design

Penulis melakukan perencanaan *mix design* untuk mengetahui perbandingan material yang digunakan dalam pembuatan kereb modifikasi dengan bubuk *fosforence* dan *glass bead*. Adapun hasil *job mix design* disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. *Job Mix Design* Kereb *Self-Glow*

Sampel	Bahan	Berat (gram)
P1 Primer (Water base)	White waterbase	10,9
	Ruber	
	Binder	
F3 Pelapis Fosforence (25gram) (Top coat)	Bubuk fosforence	18,2
	Water base	
	Resin Epoxy	
T3 Glass bead : limbah kaca (3:1)	Glass bead Limbah kaca	35

Pada setiap kereb *Self-glow* akan dilapisi 3 lapisan seluas 7 x 50 cm atau 350 cm² dengan komposisi dan kebutuhan setiap lapisnya ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Ilustrasi Lapisan Kereb

3. Hasil dan pembahasan

Jenis-jenis pengujian dari penelitian ini diantaranya uji waktu cepat kering dengan cara membandingkan lapisan primer berupa water base dan solvent base dengan memperhatikan kedua permukaan mana yang lebih cepat kering menggunakan stopwatch. Uji kedua yaitu uji daya lekat untuk melihat kuat lekat pelapis apabila menerima beban dengan cara benda uji di panaskan di oven pada suhu tertentu, setelah itu keluarkan dari oven dan diaduk dengan cepat lalu dioleskan pada balok dan dibiarkan pada suhu ruang lalu melakukan pembebanan 22,2 KN per menit lalu. Uji ketiga yaitu uji temperatur rendah dengan cara memanaskan benda uji kedalam oven lalu dikeluarkan dan dituangkan pada balok yang sudah dilapisi cat dasar atau primer dan dibiarkan pada suhu ruang, dan dimasukkan pada alat pendingin selama 24 jam setelah itu diperiksa kerekatannya. Uji keempat yaitu uji titik lembek merupakan uji untuk menentukan suhu titik lembek apakah sesuai spesifikasi. Kelima yaitu uji berpendar yaitu pengujian dengan cara penyinaran lampu 4,2 Lux lalu setelah itu hitung lama berpendar menggunakan stopwatch dengan rasio waktu 1-60 menit. Keenam uji gradasi glass bead yaitu uji untuk menentukan lolos saringan pada glass bead yang akan digunakan maupun pada limbah

kaca yang digunakan sebagai substitusi glass bead, pengujian ini menggunakan No. 40. Ketujuh uji visual atau manusia yaitu pengujian untuk menentukan bagaimana efektivitas kereb self-glow dari mata manusia masing-masing. Kedelapan uji reflektifitas uji ini menggunakan alat reflektifitas dengan menembakan pada lapisan kereb yang sudah dilapis hingga lapisan top coat dan nantinya angka hasil keluar pada monitor. Adapun variasi pengujian kereb disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Variasi Hasil Pengujian Kereb

No.	Pengujian	Acuan	Syarat Uji	Primer		Fosforence			Top coat		
				P1 (water base)	P2 (solvent base)	F1 (15)	F2 (20)	F3 (25)	T1 (1:1)	T2 (1:3)	T3 (3:1)
1.	Uji waktu cepat kering	ASTM D1640-03 2009	Lama waktu cepat kering tidak lebih dari 10 menit	M Waktu cepat kering 4 menit 2 detik	TM Lebih dari 10 menit	M	M	M	M	M	M
2.	Uji daya lekat		Balok retak >22kN	M Tidak retak	TM Mengalami keretakan	M	M	M	M	M	M
3.	Uji temperatur rendah	SNI 03-6450-2000	Terjadi kerekatan atau gumpalan	M Terjadi sedikit pengentalan namun masih bisa dioles dengan merata	TM Menggumpal dan tidak dapat dioles	M	M	M	M	M	M
4.	Uji titik lembek		Suhu titik lembek 46-58 °	M Suhu titik lembek sekitar 46-47°C	TM Tidak dapat mengikuti pengujian dikarenakan terlalu cair	M	M	M	M	M	M
5.	Uji berpendar	(ASTM) E 2073 - 07)	Berpendar terang dalam gelap	-	-	TM Tidak terang	TM Tidak terang	M Terang	M	M	M
6.	Uji gradasi glass bead	AASHTO M247-811996)	Lolos saringan 0,425 tertahan 133N	-	-	-	-	-	M	M	M
7.	Uji visual (manusia)	Kondisi visual responden berdasarkan minus, silinder dan normal	kereb paling lama berpendar, paling nyaman memantulkan cahaya dan efektivitas kereb secara keseluruhan	-	-	-	-	-	TM Terdapat beberapa responden , cukup terang dan lama berpendar , sebab perbandingan antara glass bead dan limbah kaca sama	TM Tidak ada reponden karena paling redup efek serbuk kaca paling tinggi serta mempengaruhi warna dan pendar kereb	M Paling banyak responden karena paling lama berpendar dan paling terang, sebab komposisi glass bead paling tinggi
8.	Uji reflektivitas	Spektek Marka Jalan Nasional berdasarkan Perdirjen Perhubungan Darat No. KP/106/AJ.501/DRJD/2019	RL 175 QD 160	-	-	-	-	-	RL berkisar 10-14 TM QD diatas 300 M	RL berkisar 16-19 TM QD diatas 300 M	RL 19-29 TM QD diatas 300 M

M: Memenuhi; TM: Tidak Memenuhi

Dari 9 pengujian yang telah dilakukan, dari variasi primer baik water base (P1) dan solvent base (P2), fosforence (F1, F2, F3) dan top coat (T1 T2 T3). Pada pengujian waktu cepat kering menguji 2 bahan lapisan primer yaitu water base (P1) dan solvent base (P2) sesuai ASTM D1640-03 2009 dengan hasil bahan water base (P1) mengalami cepat kering dengan rata-rata 4 menit 2 detik, sehingga memenuhi spesifikasi pengujian. Sedangkan sampel solvent base (P2) memerlukan waktu lebih lama dengan rata-rata waktu cepat kering 14 menit 6 detik sehingga tidak memenuhi syarat. Mengacu pada penelitian terdahulu oleh Peny Diyannata, dkk. (2018) terkait pengujian bahan solvent base (P2) dan tape yang sudah beredar di pasaran, dalam jurnal tersebut solvent base (P2) yang digunakan sebagai bahan pelapis. Namun pada penelitian ini water base (P1) mendapat hasil lebih baik dan memenuhi syarat sesuai acuan pengujian. Menurut Arwandah (2016) karakteristik pada cat berbahan water base (P1) berbahan dasar pelarut air dan resin sehingga lebih cepat kering, tidak memiliki efek kimia yang tinggi ramah terhadap lingkungan biasanya digunakan pada cat tembok dan genteng. Sedangkan cat berbahan solvent base (P2) pelarutnya minyak atau thinner dan campuran timbal, serta formalin memerlukan waktu pengeringan lebih lama. Solvent base (P2) dikategorikan sebagai cat tidak ramah lingkungan sebab mengganggu pernafasan manusia serta pengaplikasiannya pada industri, otomotif dan furniture. Karakteristik pada cat berbahan water base (P1) berbahan dasar pelarut air dan resin sehingga lebih cepat kering. Sehingga pada penelitian uji waktu cepat kering lapisan primer yang menggunakan water base (P1) memiliki nilai waktu cepat kering yang lebih cepat daripada solvent base (P2). Pada pengujian daya temperatur rendah menguji 2 bahan lapisan primer yaitu bahan water base (P1) dan solvent base (P2) sesuai dengan syarat spesifikasi SNI 06-4825-1998. Dari kedua bahan pelapis solvent base (P2) mengalami kerekatan yang sangat tinggi hingga tidak dapat dioleskan sehingga tidak memenuhi spesifikasi. Menurut Hendri Hadisi (2018) pengujian daya temperatur rendah dilihat dari bawah pencahayaan yang tidak merata, apabila terjadi kerekatan maka benda uji tersebut tidak memenuhi. Pada pengujian daya lekat menguji 2 bahan lapisan primer yaitu bahan water base (P1) dan solvent base (P2) sesuai syarat pada SNI 06- 4825-1998, dengan hasil hasil pelapis water base (P1) tidak mengalami keretakan sedangkan solvent base (P2) mengalami keretakan sehingga tidak memenuhi syarat spesifikasi. Menurut penelitian Sudaryono dan Suwahyo (2021) daya lekat pada cat water base dengan binder memiliki daya lekat yang cukup baik dan daya kilap yang tinggi sesuai dengan fungsi pelapisan cat water base. Pada pengujian uji titik lembek sesuai SNI 06-2434-1991, lapisan water base (P1) menghasilkan suhu titik lembek pada suhu berkisar 46-47°C dengan waktu 1438 detik atau 23 menit 58 detik. Sedangkan pelapis solvent base (P2) dinyatakan gagal dan tidak memenuhi spesifikasi sebab tidak bisa mengikuti pengujian karena tekstur terlalu cair sehingga tidak bisa dimuat pada cincin benda uji. Menurut penelitian M.T Gunawan (2013) semakin lama waktu pemanasan maka suhu titik lembek semakin meningkat. Pada pengujian uji lama berpendar pada lapisan fosforance menguji 5 jenis benda uji berbeda menggunakan lampu 4.6 Lux sesuai dengan syarat ASTM 2073-07. Dengan hasil lama dari pendar tiap benda uji berbeda-beda bergantung pada tinggi rendah kandungan fosforance serta pada kerapatan pori benda uji. Sehingga semakin sedikit pori permukaan lapisan maka akan semakin baik bagi bubuk fosforence dapat berpendar dengan merata dan sempurna, disertai lama waktu dan kuat penyinaran. Mengacu pada penelitian terdahulu oleh Yujia Xiao, dkk. (2022) terkait jumlah komposisi fosfor yang semakin tinggi maka akan berpengaruh pada pendar fosfor yang semakin terang, namun pada penelitian ini fosfor dicampur dengan mortar bukan sebagai pelapis. Pada pengujian gradasi glass bead sebagai top coat sesuai AASHTO : M247-81 1996, glass bead dan limbah kaca lolos saringan No. 40. Menurut penelitian terdahulu oleh T. Grosjes (2008) terkait efektivitas glass bead yang digunakan sebagai bahan pelapis badan pelengkap jalan yang dapat memantulkan cahaya. Selain itu sesuai dengan spesifikasi teknis Marka Jalan Nasional berdasarkan Perdirjen Perhubungan Darat No. KP/106/AJ.501/DRJD/2019 bahwasannya penggunaan glass bead diatur sebagai material dalam marka. Menurut Santosa, dkk. (2018) kemampuan pada kaca dalam memantulkan cahaya yang melewati butiran kaca, semua jenis kaca dapat memantulkan cahaya besarnya pemantulan cahaya tergantung pada sudut kemiringan terhadap arah lawan cahaya. Didukung sifat fisik dan visual sama, serta mendorong dari segi ekonomis untuk mengurangi penggunaan glass bead serta eco-friendly sebagai bentuk mengurangi limbah kaca sebagai bahan inovasi konstruksi. Pengujian uji gradasi glass bead dan bubuk limbah kaca menggunakan acuan AASHTO : M247-81 1996, dan limbah kaca lolos dari syarat spesifikasi tersebut.

Pada pengujian reflektivitas menguji kereb self-glow menggunakan alat reflektomer sesuai Spektek Marka Jalan Nasional berdasarkan Perdirjen Perhubungan Darat No. KP/106/AJ.501/DRJD/2019, dengan hasil Coefficient of Retroreflected Luminance (RL) sebesar 30

yaitu terlalu kecil atau kurang dari batas minimal sedangkan Luminance Coefficient under Diffuse Illumination (Qd) sebesar 422 yaitu sangat besar dan lolos batas minimal. Menurut Rukman,dkk. (2021) reflektivitas sebagai pemantul cahaya dari lampu kendaraan ke mata pengemudi membantu kemungkinan terjadi kecelakaan. Sesuai pada penelitian A Shahr PhD, dkk. (2018) glass bead dapat memantulkan cahaya, maka RL dan Qd sesuai nilai minimum. Sehingga dari pengujian reflektivitas ini terbukti semakin banyak glass bead dan semakin sedikit limbah kaca maka nilai Luminance Coefficient under Diffuse Illumination (Qd) akan semakin besar, sehingga kemampuan kereb self-glow dalam memantulkan cahaya akan semakin besar pula. Pada pengujian visual atau manusia menguji efektivitas seluruh kereb dengan kondisi mata responden yang berbeda-beda, dan didapat hasil disimpulkan kereb T3 dengan perbandingan glass bead dan limbah kaca 3:1 memiliki suara terbanyak baik dari daya pendar, daya pantul maupun efektivitas secara keseluruhan. Menurut Santosa, dkk. (2018) kemampuan pada kaca dalam memantulkan cahaya yang melewati butiran kaca, semua jenis kaca dapat memantulkan cahaya besarnya pemantulan cahaya tergantung pada sudut kemiringan terhadap arah lawan cahaya.

Cara mengaplikasikan pada kereb self-glow yaitu pada lapis pertama atau primer dengan mencampurkan white water base, binder dan ruber. Lalu menuangkan campuran tersebut pada wadah dan aduk secara merata sehingga dapat dioleskan pada sisi miring kereb dengan menyeluruh. Pada lapis kedua yaitu lapis fosforence dengan cara mencampurkan transparan water base dan bubuk fosforence lalu aduk sampai tercampur semua dan diaplikasikan pada kereb diatas lapisan primer. Lapis ketiga atau top coat yaitu dengan menuangkan resin menggunakan kuas lalu taburkan campuran perbandingan glass bead dan limbah kaca secara merata, serta ditutup resin kembali.

Dari total perhitungan 1 kereb Self-glow memakan biaya berkisar Rp 57.671,38 sedangkan harga kereb konvensional per biji seharga 35.000. Sehingga selisih harga antara kereb Self-glow dan kereb konvensional berkisar Rp. 22.671,38/kereb. Kereb Self-glow memakan biaya lebih besar atau lebih mahal daripada kereb konvensional pada umumnya.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian inovasi kereb *self-glow* dengan penambahan bubuk fosforence dan *glass bead* modifikasi kereb konvensional dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Dari penelitian ini didapatkan komposisi yang tepat pembuatan Kereb Self-Glow dengan di campurkan glass bead dan limbah kaca sebagai top-coat yaitu dengan fosforance sebesar 25 gram, dengan perbandingan glass bead dan limbah kaca sebagai top-coat yaitu 3:1, serta water base sebagai lapisan primer. Komposisi ini didapat dari hasil lolos uji keseluruhan pengujian.
- 2) Dari keseluruhan pengujian dalam penelitian ini, perbandingan efektifitas antara kereb *Self-glow* dan kereb konvensional menunjukkan efektif penggunaan kereb self-glow terutama pada tempat yang minim cahaya. Hal ini dibuktikan pada pengujian reflektivitas dalam penelitian ini didapatkan hasil sampel memiliki *Coefficient Under Diffuse Illumination* (Qd) sangat besar dan lolos batas minimal serta mampu berpendar saat gelap dan dapat memantulkan cahaya saat datang dengan nilai rata-rata 422 Qd sehingga memenuhi spesifikasi. Namun kurang pada nilai *Coefficient of Retroreflected Luminance* (RL) yang terlalu kecil atau kurang dari batas minimum. Selain itu dalam uji visual juga sudah menjelaskan keefektifan kereb *self-glow*.
- 3) Rancangan biaya yang digunakan pada pembuatan kereb inovasi *self-glow* memiliki selisih harga dengan pembuatan kereb konvensional sebesar Rp 22.671,3 lebih mahal dari pada kereb konvensional dikarenakan adanya penambahan pelapis fosforence.

Ucapan terima kasih

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Tuhan YME, dosen pembimbing peneliti, serta semua pihak yang senantiasa memberikan dukungan, saran, dan masukan kepada peneliti dalam menyusun laporan hasil penelitian ini sehingga dapat dilaksanakan hingga selesai. Diharapkan pembaca dapat mengambil manfaat serta pengetahuan dari penelitian yang telah dilakukan ini.

Referensi

- ANWAR, AN, & IDRUS, I. (2009). Studi Kebutuhan Ruang Parkir Rumah Sakit Pendidikan Universitas Diponegoro (Studi Kebutuhan Tempat Parkir Pada Rumah Sakit Pendidikan Universitas Diponegoro) (Disertasi Doktor, F. TEKNIK UNDIP).
- Arwandah (2016) Analisis Pembuatan Cat Skala Industri .
- Jason Nancea, Taylor D. Sparksb (2020) From streetlights to phosphors: A review on the visibility of roadway markings.
- Lisensky, G. C., Patel, M. N., & Reich, M. L. (1996). Experiments with glow-in-the-dark toys: Kinetics of doped ZnS phosphorescence. *Journal of chemical education*, 73(11), 1048.
- Morsongko (2007) COATING OF CERAMIC SURFACE WITH EPOXY ACRYLATE POLYMER USING UV IRRADIATION.
- Peny Diyannata, Moch. Luqman Ashari, dan Mades Darul Khairansyah (2018) FLIGHT LONG TIME TESTING OF MATERIALS AS AN EVACUATION ROUTE IN ANIMAL FEED PROCESSING AREA.
- PRANOTO, W. H. (2018). PENGARUH KEMIRINGAN KACA PADA SELUBUNGBANGUNAN UNTUK MENDPATKAN NILAI OTTV (OVERALL THERMAL TRANSFER VALUE) OPTIMUM (Doctoral dissertation, Universitas Gadjah Mada).
- Shahar, A., Brémond, R., & Villa, C. (2018). Can light emitting diode- based roadstuds improve vehicle control in curves at night? A driving simulator study. *Lighting Research and Technology*, 50(2),
- Sudaryono, Suwahyo (2021) PENGARUH RASIO BINDER DENGAN CAT WATERBASE TERHADAP DAYA REKAT DAN KEKILAPAN CAT.
- T.Grosge (2008) Retro-reflection of glass beads for traffic road stripe paints.
- Wiese, A., Washington, T., Tao, B., & Weiss, WJ (2015). Menilai Kinerja Beton Glow-in-the-Dark. *Catatan Penelitian Transportasi*, 2508 (1), 31-38. <https://doi.org/10.3141/2508-04>
- Wiyugo Hari Pranoto, Dr.Ir. Jatmika Adi Suryabrata, M.Si.; Ir. Moch. Santosa, MS (2018) PENGARUH KEMIRINGAN KACA PADA SELUBUNG BANGUNAN UNTUK MENDPATKAN NILAI.
- Yuan, J., Farnham, C., & Emura, K. (2019). Kinerja bahan selubung bangunan retro-reflektif dengan manik-manik kaca tetap. *Ilmu Terapan*, 9 (8), 1714.
- Yujia Xiao, Ba Tung Pham, Ming-Zhi Guo, Tung-Chai Ling (2022) Influence of luminescent powder type and characteristic on the glow light performance of architectural glass mortar.