

VALIDASI OPTIMASI KINERJA NANOASPAL BERBASIS NANORUBBER DARI HASIL SIMULASI YANG MENGGUNAKAN METODE RESPONSE SURFACE

LIA NUR ANNISA^{1*}, AINUN HIDAYATI¹,
DR. RER. NAT RINY YOLANDHA PARAPAT, S.T., M.T., M.SC¹

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Jl. PH.H.
Mustofa No.23, Neglasari, Cibeunying Kaler, Kota Bandung, Jawa Barat 40124
Email: liaannisa76@gmail.com

Received 28 01 2023 | Revised 04 02 2023 | Accepted 04 02 2023

ABSTRAK

Kerusakan jalan di Indonesia pada umumnya disebabkan oleh pembebanan yang terjadi berlebihan, untuk itu diperlukan perencanaan perkerasan yang kuat, tahan lama dan mempunyai daya tahan tinggi terhadap deformasi plastis yang terjadi. Penelitian telah dilakukan dengan variabel yang divariasikan dalam %nanorubber, %nanopartikel mineral dan ukuran nanorubber. Hasil uji sampel aspal yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa, pada uji penetrasi, uji kelarutan, uji densitas nanoaspal telah memenuhi standar, hanya pada uji daktilitas yang masih belum memenuhi standar. Variabel-variabel signifikan yang diperoleh dari simulasi menggunakan diagram pareto adalah %nanorubber (%NR), %nanopartikel mineral (%NP), dan ukuran nanorubber (Uk NR).

Kata kunci: nanoaspal, nanorubber, nanopartikel mineral, nanorubber sized

ABSTRACT

Road damage in Indonesia is generally caused by excessive loading, for this reason that necessary to plan a pavement that is strong, durable and has high resistance to plastic deformation that occurs. This research will be carried out with variables varied in %NR, %NP and nanorubber size. Asphalt sample test results that have been carried out can be concluded that, in the nano-asphalt test has reached the standard is penetration test, solubility test, and densities test. the ductility is the only test who not reached the standard. The significant variables obtained from the simulation using the pareto diagram are %nanorubber (%NR), %mineral nanoparticles (%NP), and nanorubber size.

Keywords: nanoasphalt, nanorubber, mineral nanoparticles, nanorubber sized

1. PENDAHULUAN

Infrastruktur jalan merupakan suatu prasarana transportasi darat yang meliputi dari bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang dipergunakan bagi lalu lintas yang berada pada permukaan tanah, dibawah permukaan tanah, serta diatas permukaan air. Infrastruktur jalan yang terdapat di Indonesia keadaannya sangat bervariasi, dengan kondisi yang baik, dan terdapat kondisi yang rusak. Terdapat jalan dengan kondisi yang baik merupakan persyaratan dasar yang harus terpenuhi untuk mendukung pertumbuhan suatu daerah perkotaan. Jalan memiliki tujuan yaitu untuk menunjang fungsi kota yang dimana sebagai pusat pertumbuhan dan dapat mendorong pemerataan pembangunan di dalam kota serta kaitan dengan daerah belakangnya.

Cara memodifikasi aspal dapat dilakukan dengan penambahan bahan aditif. Kriteria dari bahan aditif untuk campuran aspal harus menghasilkan stabilitas serta titik lembek yang besar, dapat meningkatkan fleksibilitas, dapat meningkatkan energi tahan atau durabilitas, serta dapat meningkatkan energi ikat aspal terhadap agregat. Indonesia memiliki bahan aditif potensial yaitu karet alam. Karet alam yang dapat digunakan yaitu berbentuk lateks, karet padat ataupun karet bekas yang sudah digunakan. Modifikasi aspal selain dengan penambahan aditif karet, penelitian aspal yang terbaru yaitu dengan penambahan nanopartikel. Pada penelitian ini yaitu pembuatan aspal dengan penambahan nanopartikel dan crumb rubber yang ada di Indonesia masih belum banyak dilakukan.

Pada umumnya, optimasi yaitu proses untuk menentukan nilai minimum dan maksimum yang bergantung pada fungsi tujuannya. Optimasi proses pada industri sangat berarti, hal ini dikarenakan dapat meningkatkan hasil dari produk yang berharga (ataupun kurangi kontaminan produk), konsumsi energi yang menurun, laju produksi yang lebih besar, serta waktu yang lebih lama di antara shutdowns. Optimasi juga memiliki kelebihan atau keuntungan yaitu dapat mengurangi biaya pemeliharaan, pemakaian alat yang berkurang, dan pemanfaatan atau pemberdayaan staf yang lebih baik.

Berdasarkan beberapa penelitian menunjukkan bahwa modifikasi aspal dengan penambahan karet alam dan nanopartikel memberikan pengaruh positif terhadap peningkatan kualitas aspal.

2. METODOLOGI

Pada penelitian yang telah dilakukan ada pula tahap-tahap proses yang dilakukan yaitu seperti persiapan bahan baku, proses pembuatan nanorubber, proses ultrasonikasi nanopartikel, dan proses pembuatan nanoaspal.

2.1. Persiapan bahan baku

Bahan baku yang disiapkan yaitu nanoaspal, nanorubber, dan nanopartikel yang digunakan untuk pembuatan nanoaspal berbasis nanorubber, yang dimana nanorubber tersebut didapatkan dari Crumb rubber yang berasal dari limbah ban kendaraan yang diubah ukurannya menjadi nano dengan pelarut bensin. Lalu untuk nanoaspal dan nanopartikel sudah disediakan.

2.2. Proses pembuatan nanorubber

Proses pembuatan nanoaspal berbasis nanorubber dapat dimulai dari pengecilan ukuran dari crumb rubber dengan digiling dan dihaluskan dengan menggunakan lumpang alu. Setelah itu crumb rubber yang telah dihaluskan disaring dengan menggunakan saringan mesh yang berukuran 120 dan 200 mesh. Partikel halus crumb rubber yang telah disaring dikumpulkan kedalam gelas kimia. Yang dimana crumb rubber yang telah halus ini ditimbang terlebih

Validasi Optimasi Kinerja Nanoaspalberbasis Nanorubber Dari Hasil Simulasi Yang Menggunakan Metode Response Surface

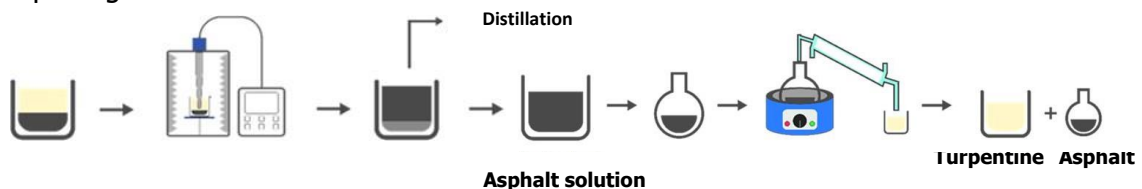
dahulu, lalu setelah itu ditambahkan pelarut yaitu bensin dengan jumlah partikel halus crumb rubber dan bensin berbanding 1:3. Bensin dipilih sebagai pelarut yang digunakan karena dapat lebih cepat untuk mengubah ukuran partikel crumb rubber menjadi nanorubber pada saat di ultrasonikasi selama 15 menit. Ultrasonikator kemudian disiapkan. Campuran crumb rubber halus dan pelarut (bensin) yang berada dalam gelas kimia diletakkan di bawah probe. Waktu sonikasi diatur selama 15 menit. Gelas kimia berisi campuran crumb rubber dan bensin diletakkan di dalam wadah yang berisi air dan gelas kimia berisi nanopartikel sehingga pada saat proses sonikasi dilakukan, campuran nanorubber tidak terlalu panas karena air dapat menyerap panas dari campuran. Setelah proses sonikasi selesai. Nanorubber yang sudah di ultrasonik lalu dimasukkan kedalam tabung centrifuge sebanyak 10 ml, setelah itu nanorubber di centrifuge selama 10-15 menit. Dilakukannya centrifuge ini adalah untuk memisahkan nanorubber yang sudah terbentuk dengan pelarut yaitu bensin. Selanjutnya Pada tahap 4 pencampuran, nanorubber yang sudah di centrifuge lalu dikumpulkan dan sudah siap untuk dicampurkan kedalam nanoaspal yang sudah dibuat.

2.3 Proses ultrasonikasi nanopartikel

Nanopartikel mineral yang telah disiapkan perlu di ultrasonikasi kembali dengan sesuai jumlah kebutuhan masing-masing komposisi yang dicampurkan kedalam aspal, ultrasonikasi nanopartikel mineral berlangsung selama 15 menit. Nanopartikel yang telah di ultrasonikasi siap dicampurkan kedalam nanoaspal.

2.4 Proses pembuatan nanoaspal

Nanoaspal pada penelitian yang telah dilakukan didapatkan dengan cara proses ekstraksi yang menggunakan pelarut terpentine, lalu di ekstraksi dengan menggunakan alat distilasi, dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 1. Proses Ekstraksi Nanoaspal

Nanoaspal yang telah didapatkan oleh proses ekstraksi, selanjutnya nanoaspal dipanaskan terlebih dahulu hingga mendidih. lalu nanoaspal yang sedang dipanaskan dicampurkan dengan nanorubber dan nanopartikel lalu diaduk hingga merata, dan panaskan lebih lanjut agar larutan-larutan yang terdapat pada nanoaspal dapat teruapkan nanoaspal berbasis nanorubber telah selesai dibuat.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, pembuatan nanoaspal berbasis nanorubber yang dihasilkan terdiri dari aspal dengan campuran nanorubber dan nanopartikel. Prinsip dari penelitian ini yaitu pencampuran aspal yang berisi nanopartikel dengan nanorubber yang distabilisasi dengan bensin. Nanorubber yang digunakan adalah berasal dari crumb rubber yang diperoleh dari karet ban kendaraan yang dicampur dengan pelarut bensin. Pada penelitian ini, optimasi pembuatan nanoaspal berbasis nanorubber dilakukan dengan menggunakan software minitab 19. Parameter uji yang dilakukan meliputi uji penetrasi, uji daktilitas, uji kelarutan dan densitas

nanoaspal yang di simulasi menggunakan metode RSM Central Composite Design (CCD). Pembahasan parameter ini berdasarkan pengaruh %nanopartikel (%NP), %nanorubber (%NR), dan ukuran nanorubber (Uk NR).

3. Hasil Uji

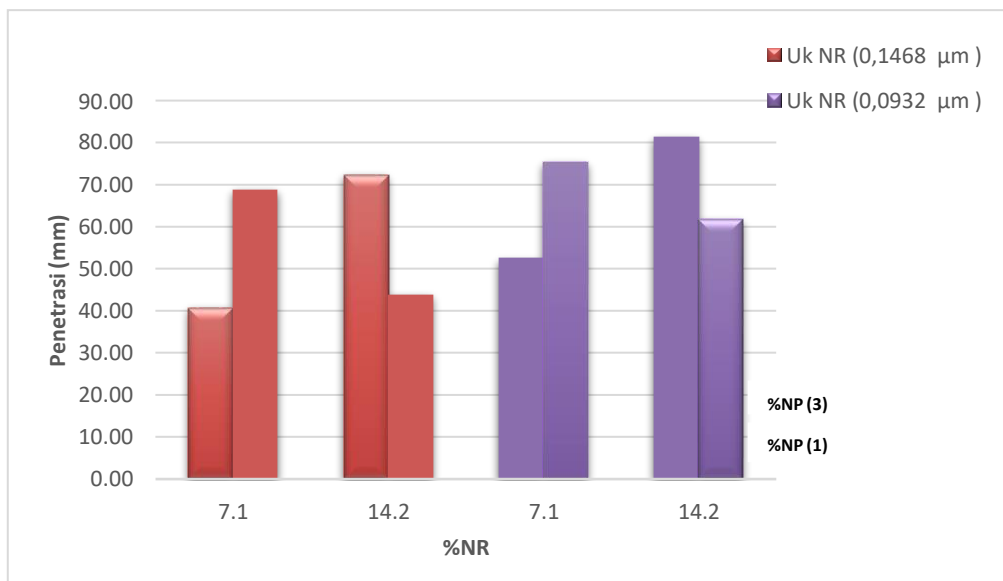
Pada percobaan ini dilakukan beberapa pengujian aspal untuk mengetahui kelayakan aspal sesuai dengan literatur yang sudah ditentukan. Literatur yang digunakan sebagai berikut ini:

Tabel 1. Literatur pengujian aspal asbuton modifikasi

No	Sifat-sifat Asbuton	Metode pengujian	Persyaratan
1.	Penetrasi, 25°C: 100 gr: 5 detik: 0,1 nm	SNI 06-2456-1991	40 – 60
2.	Daktilitas: 25°C, cm	SNI 06-2432-1991	Min 50
3.	Kelarutan dalam TCE: %berat	RSNI M-04-2004	Min 90
4.	Berat jenis kg/m ³	SNI 06-2441-1991	Min 1,0

3.1.1 Hasil pengujian Penetrasi

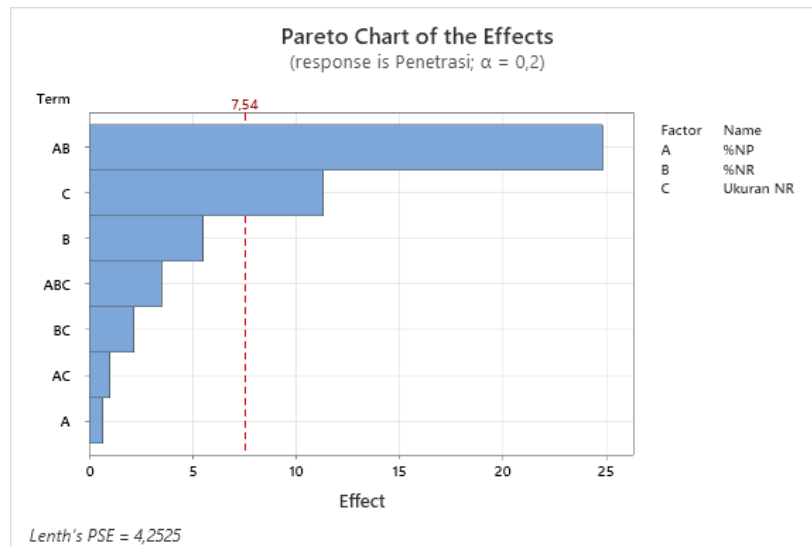
Uji penetrasi ini menyatakan indikator tingkat kekerasan terhadap aspal dengan syarat standar yang harus terpenuhi yaitu dalam rasio 40-60.



Gambar 2. pengaruh %NR, %NP, dan Uk NR terhadap uji Penetrasi

Pada gambar 1 dapat dilihat bahwa nilai penetrasi uji telah masuk kedalam spesifikasi karakterisasi aspal batuan asbuton yaitu sekitar 40-60. Pada gambar 1. Juga menunjukkan bahwa tidak ada faktor yang signifikan terhadap uji penetrasi yang telah dilakukan. Hal ini dikarenakan %NP, %NP, dan ukuran nanorubber sama-sama berpengaruh terhadap uji penetrasi.

Validasi Optimasi Kinerja Nanoaspalberbasis Nanorubber Dari Hasil Simulasi Yang Menggunakan Metode Response Surface

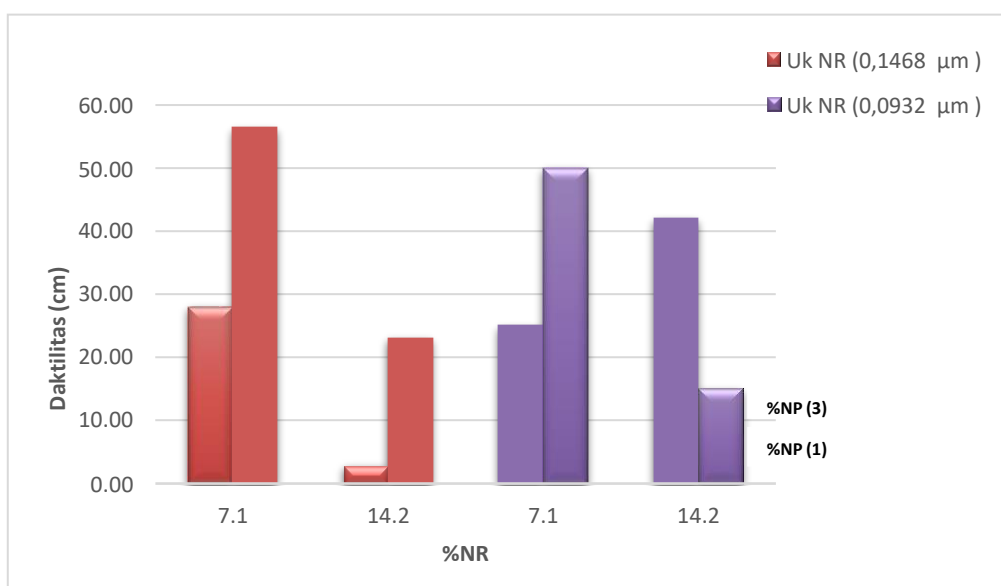


Gambar 3. Diagram Pareto Penetrasi Faktorial Design

Dapat dilihat juga pada Gambar 3 untuk Faktorial design yang menunjukkan bahwa Variabel independent tidak ada faktor yang signifikan karena %Np, %NR, dan ukuran nanorubber sama-sama melewati dari derajat kebebasan yang dinyatakan sangat berpengaruh pada percobaan.

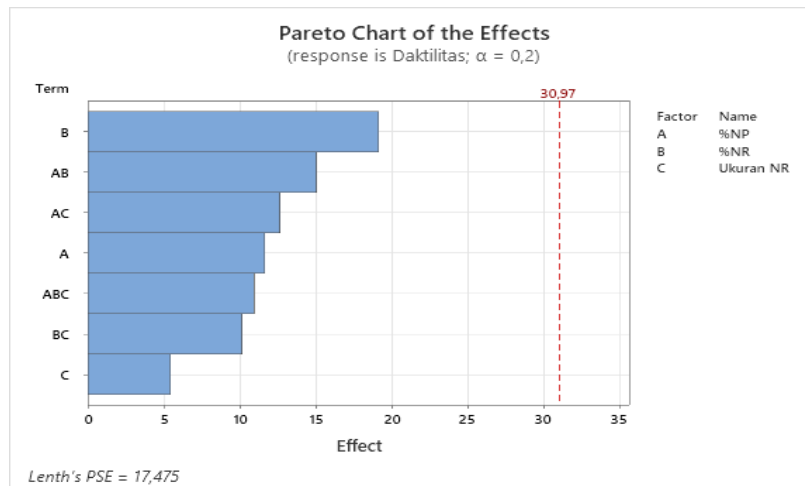
3.1.2 Hasil pengujian Daktilitas

Uji daktilitas aspal merupakan nilai keelastisitas aspal yang diukur dari jarak terpanjang aspal terputus, apabila digunakan nantinya aspal tidak retak. Percobaan ini dilakukan dengan cara menarik benda uji berupa aspal dengan kecepatan 50 mm/menit pada suhu 25°C di dalam air.



Gambar 4. pengaruh %NR, %NP, dan Uk NR terhadap uji Daktilitas

Pada gambar 2. dapat dilihat bahwa nilai uji daktilitas masih belum memenuhi spesifikasi karakterisasi aspal batuan asbuton yaitu minimal 50 cm. Tidak ada faktor yang signifikan pada uji daktilitas tersebut, namun dapat diketahui bahwa adanya partikel karet yang menyebabkan meningkatkan keelastisan aspal, justru mengakibatkan nanoaspal tersebut memiliki nilai daktilitas yang cenderung lebih rendah.

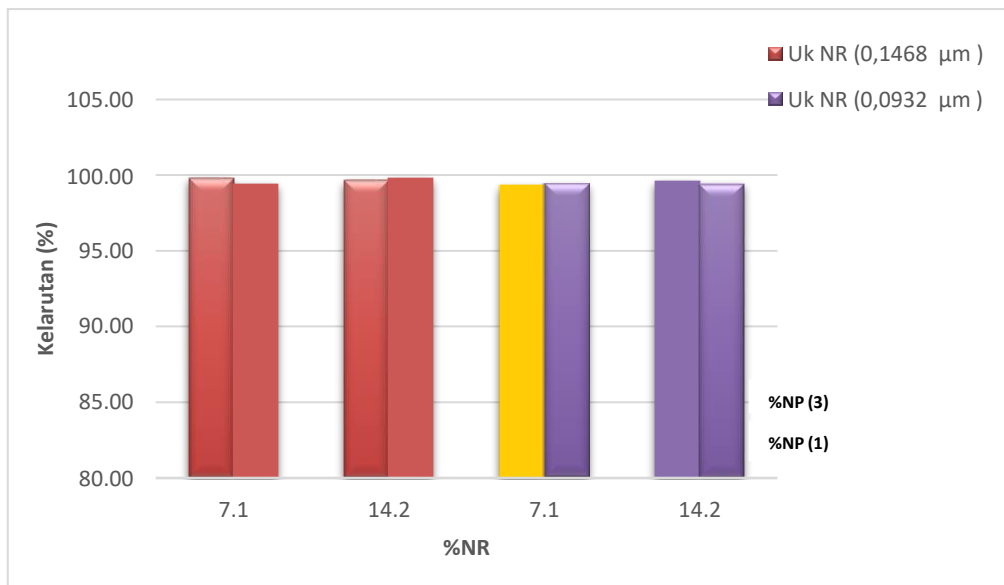
**Gambar 5.** Diagram Pareto Daktilitas Faktorial Design

Dapat dilihat juga pada Gambar 5. untuk Faktorial design yang menunjukkan bahwa Variabel independent tidak ada faktor yang signifikan karena %Np, %NR, dan ukuran nanorubber sama-sama tidak melewati derajat kebebasan.

3.1.1 Hasil pengujian Kelarutan

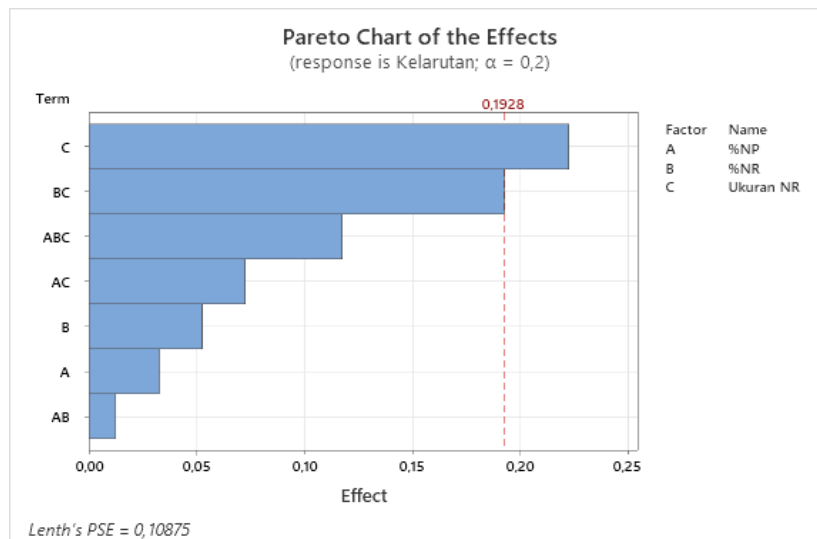
Uji Kelarutan merupakan uji yang dilakukan untuk menentukan derajat kelarutan dengan menggunakan trichloroethylene pada bahan aspal. Pengujian kelarutan dengan trichloroethylene merupakan membandingkan antara berat zat terlarut dalam pelarut organik dengan berat total benda uji yang dinyatakan dalam persen.

Validasi Optimasi Kinerja Nanoaspalberbasis Nanorubber Dari Hasil Simulasi Yang Menggunakan Metode Response Surface



Gambar 6. pengaruh %NR, %NP, dan Uk NR terhadap uji Kelarutan

Pada gambar 6. dapat dilihat bahwa nilai uji kelarutan telah memenuhi spesifikasi karakterisasi aspal batuan asbuton yaitu minimal 90. Faktor yang mempengaruhi uji kelarutan yaitu terdapat pada ukuran nanorubber, yang dimana semakin kecil ukuran nanorubber maka akan semakin mudah untuk terlarut sehingga menyebabkan uji kelarutan lebih besar dibandingkan dengan ukuran nanorubber yang lebih besar karena akan sulit untuk terlarut.

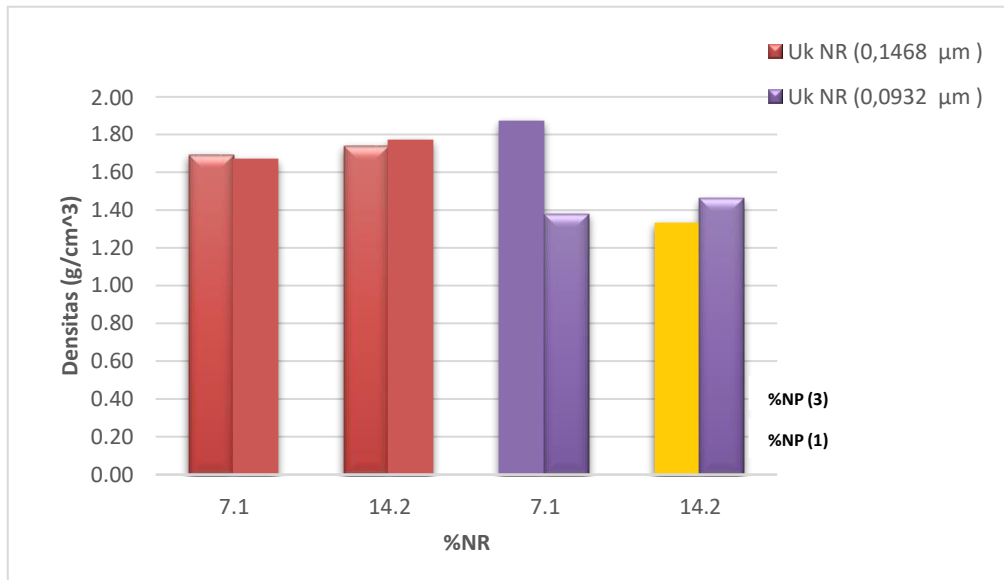


Gambar 7. Diagram Pareto Kelarutan Faktorial Design

Dapat dilihat pada Gambar 7. untuk Faktorial design yang menunjukkan bahwa Variabel independent faktor yang paling signifikan adalah ukuran NR yang dimana faktor tersebut melewati derajat kebebasan. Artinya dari faktor ukuran NR ini menunjukkan, semakin kecilnya ukuran partikel nanorubber maka akan lebih mudah untuk terlarut begitu juga Ketika partikel halus dalam ukuran besar maka nanorubber akan lebih sukar untuk terlarut.

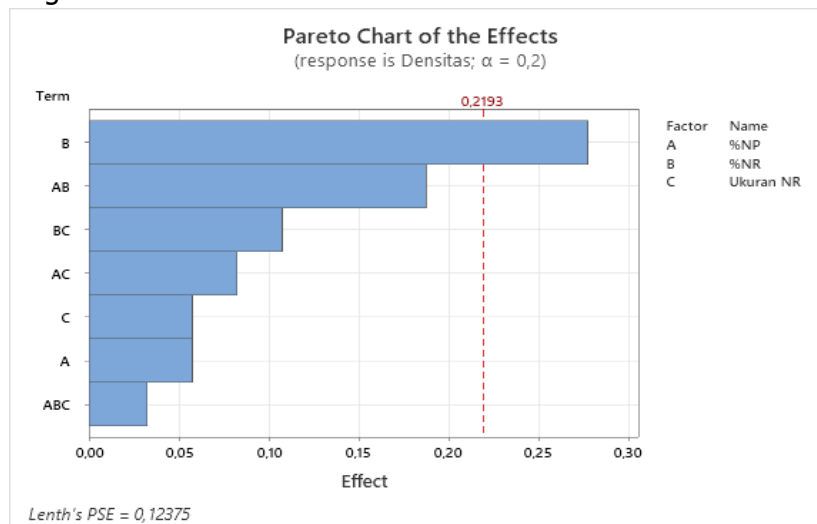
3.1.1 Hasil pengujian Densitas

Pengujian densitas merupakan proses pengukuran massa setiap satuan volume. Pada pengujian ini mengacu dengan volume piknometer 10 ml dengan acuan hasil uji yang didapatkan minimal berada pada angka $\geq 1,0$.



Gambar 8. pengaruh %NR, %NP, dan Uk NR terhadap uji Densitas

Pada gambar 8. dapat dilihat bahwa nilai uji densitas telah memenuhi spesifikasi karakterisasi aspal batuan asbuton yaitu minimal 1.0. Faktor yang mempengaruhi uji kelarutan yaitu terdapat pada %NR, yang dimana semakin banyaknya jumlah %NR maka akan semakin meningkat hasil uji densitasnya. Hal ini dikarenakan %NR memiliki komposisi yang lebih berat dibandingkan dengan %NP dan ukuran nanorubber.



Gambar 9. Diagram Pareto Densitas Faktorial Design

Dapat dilihat pada Gambar 9. untuk Faktorial design yang menunjukkan bahwa Variabel independent faktor yang paling signifikan adalah %NR. Hal ini dikarenakan apabila semakin banyaknya jumlah %NR maka akan meningkatkan nilai uji densitas.

Validasi Optimasi Kinerja Nanoaspalberbasis Nanorubber Dari Hasil Simulasi Yang Menggunakan Metode Response Surface

Penelitian aspal modifikasi yang menggunakan campuran dengan karet sebagai aditif dan campuran nanopartikel yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya memang telah banyak dilakukan, namun untuk aspal yang dicampurkan dengan nanorubber tidak pernah dilakukan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa uji penetrasi, kelarutan, dan densitas telah memenuhi standar spesifikasi aspal buton namun nilai daktilitas masih belum memenuhi standar. Faktor signifikan yang terjadi pada penelitian ini yaitu pada uji kelarutan faktor yang mempengaruhinya yaitu terdapat pada Uk nanorubber, dan untuk uji densitas terdapat pada %NR. Namun untuk uji penetrasi dan uji daktilitas tidak memiliki faktor yang signifikan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada: Ibu Dr.rer.nat Riny Yolandha Parapat, S.T., M.T., M.sc., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan pengarahan pada saat penelitian, dan dukungan kepada penulis. Kepada Bapak Yuono S.T., M.T. selaku Koordinator Tugas Akhir Program Studi Teknik Kimia Institut Teknologi Nasional Bandung serta kepada kedua orang tua dan teman-teman yang telah memberikan support dan bantuan kepada penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Mohammad H.Z, 2019. Kuat Tarik Tidak Langsung Campuran Aspal Berongga yang Mengandung Asbuton Modifikasi Dan Limbah Prastik 25–26.
- ASTM, 1994. Annual Book of ASTM Standards, Construction, Philadelphia, PA.
- Budiawati Laili, 2020. Pengaruh Penambahan Silika Sekam Padi Terhadap Sifat Fisik dan Struktur Fasa Aspal.
- Departemen Pekerjaan Umum, 2006. Pemanfaatan Asbuton., Buku 1. Direktorat Jenderal Bina Marga, Jakarta.
- Direktorat Jendral Bina Marga, 1987. Petunjuk Pelaksanaan Lapis Tipis Beton Aspal (Lataston) untuk Jalan dan Jembatan Pedoman Teknik No. 13/PT/B/1987.
- Jun Yang, S.T., 2013. Sebuah tinjauan kemajuan Nanoteknologi dalam campuran aspal.
- Kementerian Pekerja Umum, D.K., 2013. Pedoman Bahan Kontruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil 7.
- Lemblitz, 2011. Karet Alam.
- Mulyani, Sri., Hamdani, Dani. 2017., 2017. Teknik Pencampuran Yang Optimal Antara Crumb Rubber dan Aspal Pen 60/70.
- Nanotech, 2012. Jasa Karakterisasi PSA (Partikel Size Analyzer) dan Zeta potensial. 2012.
- Nasution Muhammad Fachri, Ary Setyawan, Agus Sumarsono, 2015. STUDI KARAKTERISTIK DASPAL DIBANDINGKAN DENGAN ASPAL PENETRATIONGRADE 60.

- Prastanto Henry, 2014. Depolimerisasi Karet Alam Secara Mekanis Untuk Bahan Aditif Aspal JPK: Vol. 32 No.1.
- Rahmatang Rahman;, H.B., 2011. Studi Pengaruh Penambahan Roadcel-50 Terhadap Karakteristik Campuran Lapis Tipis Beton Aspal (HRS-WC). Jurnal Rekayasa dan Manajemen Transportasi Volume I No. 1, Hal. 1-15.