

TIPE SUDUT CHAMFER DALAM PERKERASAN PAVING DENGAN MENGUNAKAN PENDEKATAN FINITE ELEMENT METHOD

Abied Rizky Putra Muttaqien^{*1}, Pratikso², Rachmat Mudiyono³

^{*1}Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung Semarang
Alamat e-mail abied.rizky@unissula.ac.id

²Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung Semarang
Alamat e-mail pratikso@unissula.ac.id

³Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung Semarang
Alamat e-mail rachmat@unissula.ac.id

*Corresponding author

To cite this article: Abied Rizky Putra Muttaqien, Pratikso, Rachmat Mudiyono (2025): Tipe Sudut Chamfer Dalam Perkerasan Paving Dengan Menggunakan Pendekatan Finite Element Method, Jurnal Ilmiah Arsitektur, 15(1), 51-60

Author information

Abied Rizky Putra Muttaqien, fokus riset bidang Teknik Transportasi, Orcid ID : 0000-0001-5563-755X, Sinta ID : 6721638

Pratikso, fokus riset bidang Geoteknik, Orcid ID : 0000-0001-5198-1070, Sinta ID : 47

Rachmat Mudiyono, fokus riset bidang Teknik Transportasi, Orcid ID : 0000-0002-5031-4900, Sinta ID : 6721634

Homepage Information

Journal homepage : <https://ojs.unsiq.ac.id/index.php/jiars>

Volume homepage : <https://ojs.unsiq.ac.id/index.php/jiars/issue/view/445>

Article homepage : <https://ojs.unsiq.ac.id/index.php/jiars/article/view/7811>

TIPE SUDUT CHAMFER DALAM PERKERASAN PAVING DENGAN MENGGUNAKAN PENDEKATAN FINITE ELEMENT METHOD

Abied Rizky Putra Muttaqien^{*1}, Pratikso², Rachmat Mudiyono³

^{*1}Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung Semarang
Alamat e-mail abied.rizky@unissula.ac.id

²Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung Semarang)
Alamat e-mail pratikso@unissula.ac.id

³Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung Semarang)
Alamat e-mail rachmat@unissula.ac.id

INFO ARTIKEL

Riwayat Artikel :

Diterima : 3 Agustus 2024
Direvisi : 24 Mei 2025
Disetujui : 26 Mei 2025
Diterbitkan : 30 Juni 2025

Kata Kunci :

paving, sudut chamfer, displacement, analisis FEM, Plaxis 3D

ABSTRAK

Paving adalah salah satu jenis material yang sering digunakan dalam konstruksi jalan. Jenis perkerasan ini terdapat chamfer yang merupakan desain geometris. Sudut chamfer berpengaruh signifikan terhadap performa dan stabilitas permukaan jalan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh antara variasi sudut chamfer dengan penurunan permukaan jalan, variasi sudut yang digunakan dalam penelitian ini ada 4, yaitu: 30⁰, 45⁰, 60⁰, dan 75⁰ dengan jarak antar paving 3 mm. Penelitian ini penting dilakukan supaya dapat diketahui model sudut chamfer terbaik yang memiliki pengaruh signifikan terhadap penurunan. Penelitian ini menggunakan pendekatan analisis FEM dengan perangkat lunak PLAXIS 3D. Metode tersebut digunakan untuk memodelkan interaksi antara paving dengan roda di atasnya, sementara variasi chamfer dievaluasi untuk mengukur dampaknya terhadap penurunan permukaan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa paving dengan sudut chamfer 75⁰ memiliki pengaruh yang paling signifikan dalam pembebanan. Perbedaan sudut chamfer yang lebih besar secara nyata mempengaruhi respons paving terhadap beban. Dengan memperhatikan pergeseran arah Z, ditemukan bahwa terjadi penurunan hingga 7.441E-3 cm, yang merupakan penurunan terbesar dibanding dengan lainnya. Dari hasil ini, dapat disimpulkan bahwa sudut chamfer memberikan peran penting dalam kualitas perkerasan paving, meskipun mutu paving sangat baik, sudut chamfer yang cukup besar dapat menyebabkan penurunan signifikan pada permukaan jalan.

ARTICLE INFO

Article History :

Received : August 3, 2024
Revised : May 24, 2025
Accepted : May 26, 2025
Publshied: June 30, 2025

Keywords:

paving, chamfer angle, displacement, analysis FEM, Plaxis 3D

ABSTRACT

Paving is one type of material that is often used in road construction. This type of pavement has a chamfer which is a geometric design. The angle of the chamfer has a significant effect on the performance and stability of the road surface. This study aims to determine the effect between the variation of the chamfer angle and the decrease of the road surface, the angle variations used in this study are 4, namely: 30⁰, 45⁰, 60⁰, and 75⁰ with a distance between paving of 3 mm. This research is important to be carried out so that the best chamfer angle model can be found which has a significant influence on the displacement. This study uses a FEM analysis approach with PLAXIS 3D software. The method was used to model the interaction between the paving and the wheels on it, while the chamfer variations were evaluated to measure their impact on surface subsidence. The results show that paving with a chamfer angle of 75⁰ has the most significant influence on loading. The

greater difference in the chamfer angle significantly affects the paving response to load. By paying attention to the shift in the direction of Z, it was found that there was a decrease of up to $7,441E-3$ cm, which is the largest decrease compared to others. From these results, it can be concluded that the chamfer angle plays an important role in the quality of paving pavement, although the paving quality is very good, a large enough chamfer angle can cause a significant decrease in the road surface.

PENDAHULUAN

Pada beberapa tahun terakhir pembangunan infrastruktur yang dilakukan pemerintah Indonesia di banyak wilayah di Indonesia sedang menjadi perbincangan hangat masyarakat. Peran pemerintah sebagai mobilisator pembangunan sangat strategis dalam mendukung peningkatan kesejahteraan masyarakat serta pertumbuhan ekonomi negaranya (Faqih & Laksono, 2022). Pembangunan infrastruktur memang perlu dilakukan dengan tujuan untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat, infrastruktur terbagi menjadi tiga jenis, diantaranya: pertama Infrastruktur di bidang ekonomi seperti Infrastruktur jalan yang merupakan urat nadi kehidupan masyarakat. Kedua Infrastruktur di bidang sosial seperti, kesehatan dan pendidikan dapat meningkatkan kualitas dan produktivitas tenaga kerja. Ketiga infrastruktur di bidang administrasi, meliputi penegakan hukum, kontrol administrasi dan koordinasi (Franco & De Sousa, 2020).

Beberapa penelitian terdahulu menjelaskan bahwa ketersediaan prasarana jalan yang layak sangat berpengaruh pada tingkat kesejahteraan masyarakat khususnya dalam aspek ekonomi (George et al., 2022). Kota Semarang merupakan salah satu kota yang ada di Provinsi Jawa Tengah dan merupakan ibu kota provinsi. Secara geografis bentang alam Kota Semarang terdiri dari dua bagian yaitu Semarang atas dan Semarang bawah (Putra Muttaqien, 2024). Karakteristik wilayah yang demikian memerlukan konsep pembangunan infrastruktur yang berwawasan lingkungan mengingat juga konsentrasi aktivitas masyarakat di Semarang bawah lebih tinggi daripada Semarang atas. Upaya dalam mengurangi urban heat di suatu kota ialah menggunakan material paving sebagai salah satu jenis perkerasan yang ramah terhadap lingkungan tempat tinggal (Hettiarachchi & Mampearachchi, 2016). Jenis perkerasan jalan yang sesuai dengan karakteristik morfologi delta sungai adalah perkerasan paving dalam bahasa yang lebih populer biasa disebut concrete block pavement (Jusli et al., 2019).

Paving block merupakan satu komposisi bahan bangunan yang dibuat dari campuran semen portland atau bahan perekat hidrolis sejenisnya, air dan agregat dengan atau tanpa bahan lainnya yang tidak mengurangi mutu bata beton (Jamshidi et al., 2019). Pendapat lain juga mengatakan bahwa paving block sendiri dapat di definisikan suatu inovasi pada perkerasan jalan yang digunakan pada area jalan tertentu seperti jalan perkotaan yang memiliki arus lalu lintas rendah, pada perumahan, lahan parkir, area perkantoran dan sebagainya (Franco & De Sousa, 2020). Fokus penelitian ini adalah Salah satu prasarana yang menjadi kebutuhan penting bagi masyarakat adalah prasarana jalan. Paving block banyak digunakan dalam bidang konstruksi dan merupakan salah satu alternatif pilihan untuk lapis perkerasan permukaan tanah. Kemudahan dalam pemasangan, perawatan yang relatif murah serta memenuhi aspek keindahan mengakibatkan paving block lebih banyak disukai.

Penggunaan paving block sangatlah mendukung go green yang telah dikumandangkan secara nasional / internasional, karena daya serap air melalui pemasangan paving block dapat menjaga keseimbangan air tanah. Namun, performa jangka panjang dari paving block seringkali dipengaruhi oleh faktor-faktor geometri, termasuk sudut chamfer, yang memainkan peran penting dalam stabilitas dan ketahanan permukaan jalan. Penelitian ini bertujuan mengetahui displacement yang terjadi pada setiap variasi chamfer saat berinteraksi dengan roda, dengan menggunakan bantuan finite element. Modifikasi material paving dengan finite element juga dapat memberi rekomendasi model (Mampearachchi & Senadeera, 2014), Kelemahan pada perkerasan paving adalah adanya garis - garis di permukaan paving yang merupakan penghubung antar satu paving dengan yang lainnya (joint width) karena memberikan nilai estetika yang indah namun berpengaruh terhadap kinerja khususnya paparan getar yang membentuk pola tertentu.

Chamfer dalam perkerasan paving merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari material paving itu sendiri, chamfer merupakan lapisan atas permukaan atau lapisan aus dari paving yang langsung berinteraksi dengan roda. Chamfer merupakan suatu kesatuan yang tidak dapat dipisahkan dari material paving walaupun bahan atau material biasanya memiliki kualitas yang lebih baik daripada material yang ada di bawahnya (lapisan aus kurang lebih 3 centimeter).

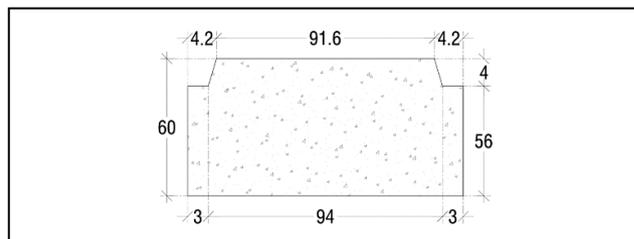
METODE

Penjelasan metode yang dilakukan agar dilakukan secara rinci sehingga mampu menggambarkan cara penelitian tersebut dilakukan. Perlu dijelaskan mulai dari paradigma yang digunakan, strategi penelitian yang dipakai, populasi dan pengambilan sampelnya, teknik pengumpulan data dan teknik analisis datanya. Alat yang digunakan dal

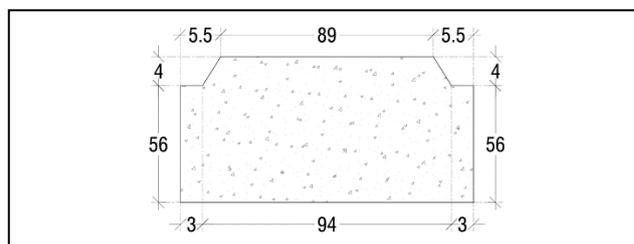
Material yang digunakan terdiri dari campuran semen *portland*, agregat halus (pasir), dan air dengan perbandingan yang berbeda – beda. Semen *portland* berfungsi untuk merekatkan butiran agregat menjadi suatu massa yang kompak atau padat, dimana semen ini mengisi sekitar 10% dari volume beton. Perbedaan susunan kimia maupun kehalusan butiran semen *portland* disesuaikan dengan tujuan pemakaian. Sampel paving yang digunakan adalah dari jenis balok konvensional dengan spesifikasi sebagai berikut: Produsen adalah PT Prokon Concrete Industry, tipe yang digunakan adalah Holland dengan dimensi 8 x 10.5 x 21 cm, kuat tekan yang dihasilkan adalah 300 kg/cm², dan berat rata-rata dari paving block tersebut adalah 3.90 kg. Selain itu, spesifikasi juga disesuaikan dengan tipe sudut chamfer yang berbeda, yaitu 30°, 45°, 60°, dan 90° untuk mengevaluasi pengaruhnya terhadap displacement saat ada beban berjalan di atasnya.

Penelitian ini menggunakan metode elemen hingga dengan bantuan program Plaxis 3D V.20 untuk menganalisis pengaruh variasi sudut chamfer pada paving block. Berbagai sudut chamfer diterapkan pada model untuk memahami respons material terhadap beban dan memprediksi pergerakan yang mungkin terjadi. Pemilihan plane strain sebagai pemodelan elemen hingga memungkinkan eksplorasi skenario dan kondisi yang beragam, termasuk pengaruh sudut chamfer terhadap

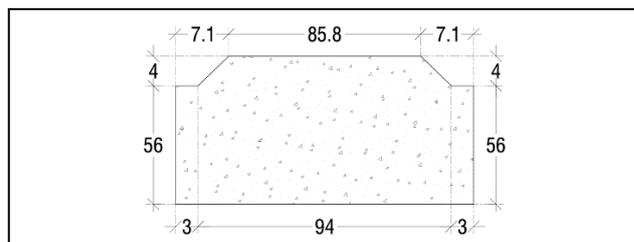
pergeseran, yang krusial untuk desain dan analisis infrastruktur yang aman dan efisien. Dalam penelitian ini, beban kendaraan yang digunakan sebesar 100 kg, dan penggunaan material geotextile diasumsikan sebagai roda karena karakteristik bahan yang dipakai sama. Berbagai variasi sudut chamfer akan dieksplorasi dalam penelitian ini untuk memahami dampaknya secara menyeluruh.



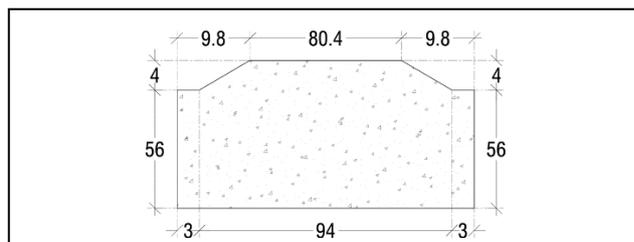
Gambar 1. Paving Tipe Sudut Chamfer 30°
(Sumber: Penulis, 2024)



Gambar 2. Paving Tipe Sudut Chamfer 45°
(Sumber: Penulis, 2024)



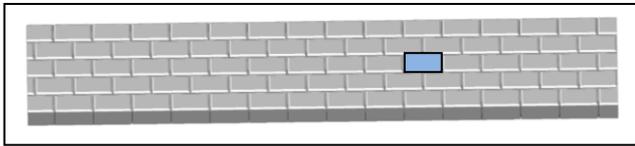
Gambar 3. Paving Tipe Sudut Chamfer 60°
(Sumber: Penulis, 2024)



Gambar 4. Paving Tipe Sudut Chamfer 75°
(Sumber: Penulis, 2024)

Parameter-parameter yang digunakan dalam penelitian ini mencakup parameter paving block, beban kendaraan simulasi, dan penggunaan material geotextile sebagai roda.

Parameter-parameter ini dipilih dengan cermat untuk memungkinkan analisis yang komprehensif terhadap respons material terhadap beban dan pergerakan yang mungkin terjadi dalam berbagai kondisi.



Gambar 5. Parameter Pemodelan (Sumber: Penulis, 2024)

dimensions block layer
 overall = 0,512 x 10 [m]
 per element = 0,2 x 0,1 x 0,06 [m]

material for geosynthetic
 EA1 = 5kN/cm

material for block
 E = 45 [MPa]
 v' = 0,15
 fc28 = 43.09 kN/m²
 φmax = 40⁰

Load
 q = 0.98 kN/m

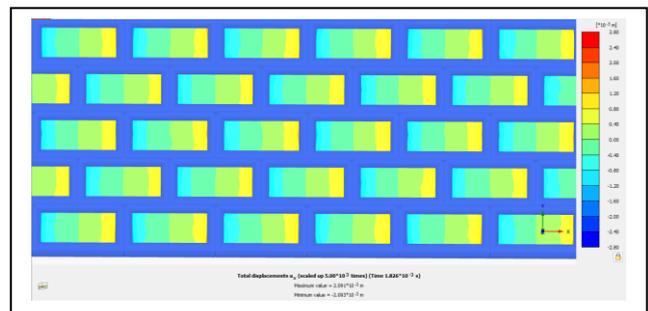
Sebagai contoh, model yang digunakan adalah variasi sudut chamfer 30°. Model ini terdiri dari paving block dan geosynthetic yang ditempatkan di atas paving block. Area pemodelan untuk semua model berbentuk persegi panjang dengan dimensi perkiraan antara 0,512m hingga 10m. Dimensi paving block ditetapkan sesuai standar industri, yaitu dengan ukuran 200/100/60 mm, dan jarak joint yang digunakan dalam pemodelan ini adalah 3mm. Perilaku material elastisitas liner diberikan pada paving block, dengan modulus elastisitas sebesar 45.000 kN/m², yang diambil dari Fu'ssl et al, dan rasio Poisson sebesar 0,15. Kualitas pemodelan paving tersebut adalah 43,09 kN/m², dengan beban yang digunakan adalah beban merata dengan berat 0,98 kN/m.

HASIL DAN PEMBAHASAN

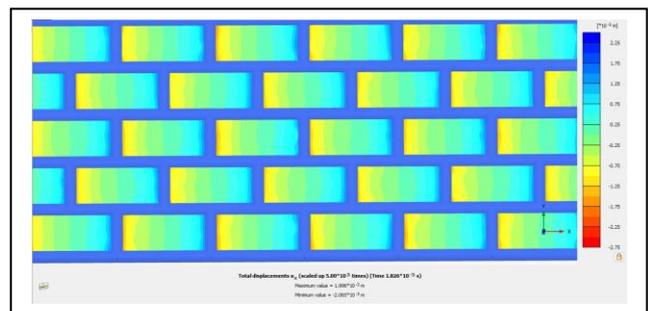
Analisa pada program Plaxis V22 dilakukan berdasarkan pemodelan yang dilakukan di laboratorium. Parameter paving didapat dari hasil uji paving pada penelitian sebelumnya, ukuran dan jarak antar paving

melalui pengamatan uji laboratorium. Pada analisa Plaxis V22 memiliki pendekatan yang sedikit berbeda karena ban yang berada di uji laboratorium disimulasikan dengan geotextile yang parameter nya disesuaikan dengan parameter ban sepeda. Analisa ini dilakukan dengan type sudut chamfer yang berbeda beda yaitu 30⁰, 45⁰, 60⁰ dan 75⁰. Beberapa kesulitan dialami pada penelitian ini terutama saat menunjukkan hasil output yang kurang professional dan analisa ini berdasarkan hasil angka bilangan yang dikeluarkan output Plaxis v22, Berikut hasil analisa yang dilakukan

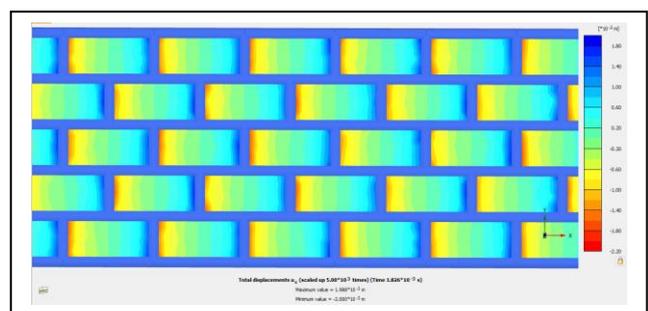
Analisa Arah x



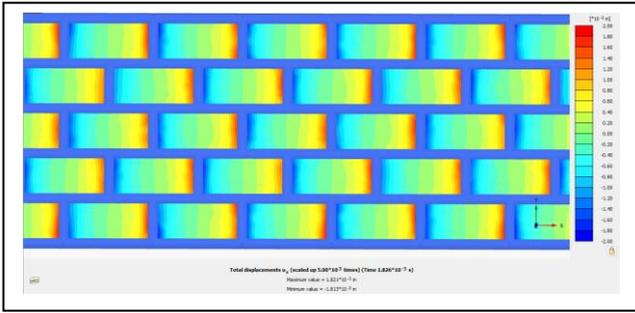
Gambar 6. Sharring Sudut 30⁰ (0,2093 cm) (Sumber: Penulis, 2024)



Gambar 7. Sharring Sudut 45⁰ (0,2650 cm) (Sumber: Penulis, 2024)

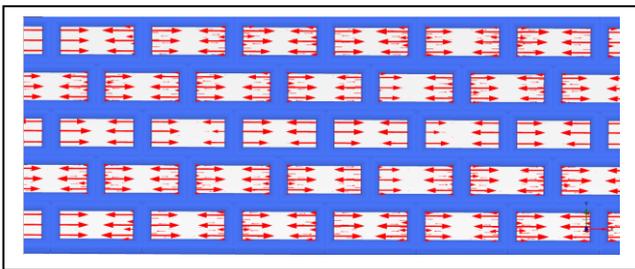


Gambar 8. Sharring Sudut 60⁰ (0,2000 cm) (Sumber: Penulis, 2024)



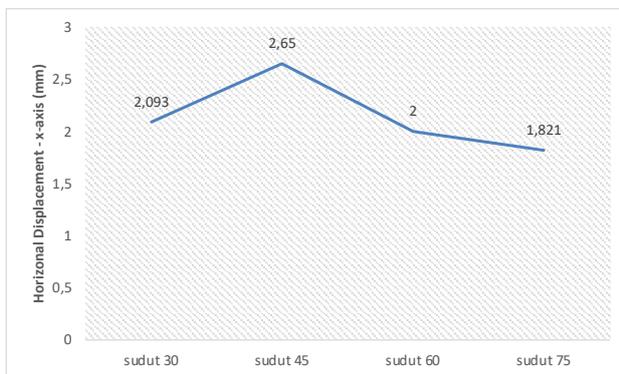
Gambar 9. Sharring Sudut 75⁰ (0,1821 cm)
 (Sumber: Penulis, 2024)

Dari output sharring terlihat dari legend colour nilai tertinggi pergeseran arah x dari type 1 mencapai 0,2093cm



Gambar 10. Arrows Tipe 1,2,3 dan 4
 (Sumber: Penulis, 2024)

Pada output arrows type 1 setelah paving ditekan arah vertikal paving bergerak menjauh antar paving satu dengan yang lain. Hal tersebut menunjukkan bahwa adanya pengaruh sudut chamfer yang memberikan ruang untuk beban masuk diantara sudut chamfer sehingga merubah tekanan ke arah x.

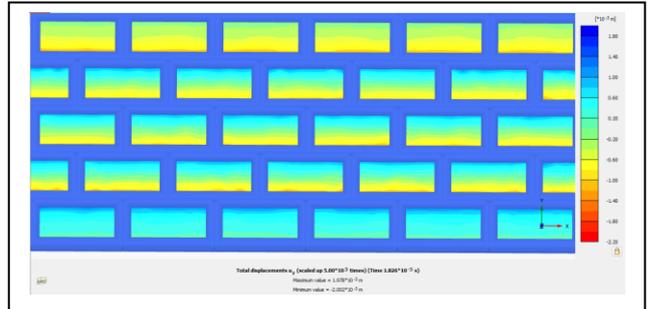


Gambar 11. Grafik Tipe 1,2,3 dan 4 arah x
 (Sumber: Penulis, 2024)

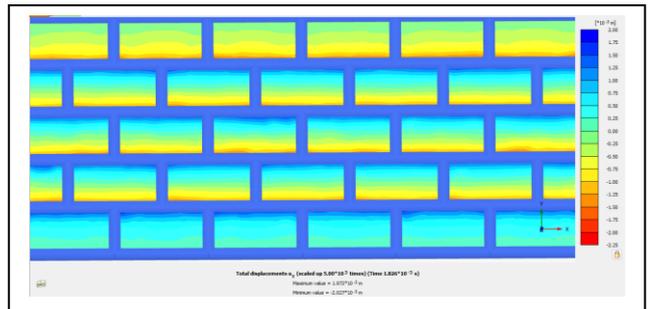
Dari grafik diatas hasil menunjukkan bahwa ada pergeseran yang cukup tinggi di type 2 hal ini dikarenakan titik monitoring yang berbeda antar titik karena bidang mesh yang berbeda beda antar type sudut chamfer sehingga hal ini menunjukkan perbedaan

angka yang cukup signifikan pada hasil rata rata nilai pergeseran arah x.

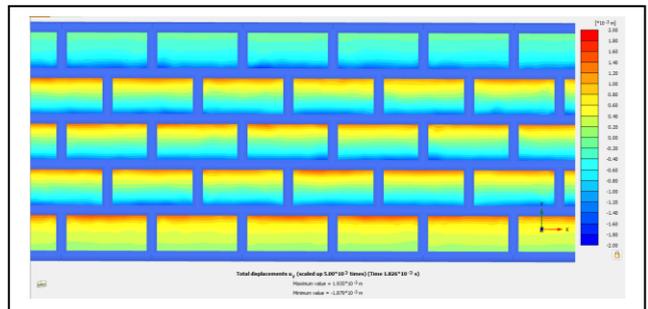
Analisa Arah y



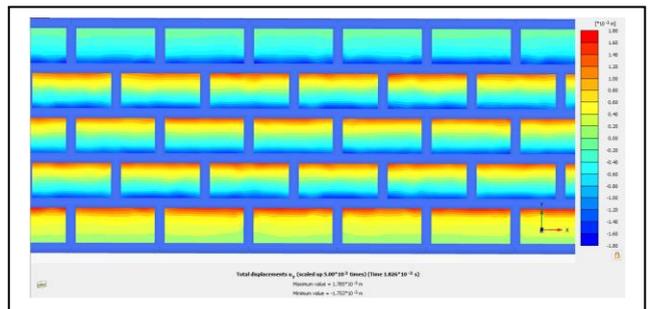
Gambar 12. Sharring Sudut 30⁰ (0,2002 cm)
 (Sumber: Penulis, 2024)



Gambar 13. Sharring Sudut 45⁰ (0,2027 cm)
 (Sumber: Penulis, 2024)

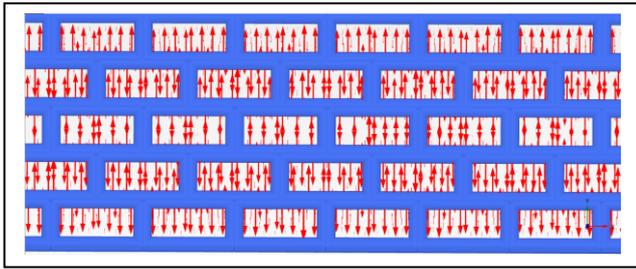


Gambar 14. Sharring Sudut 60⁰ (0,1935 cm)
 (Sumber: Penulis, 2024)



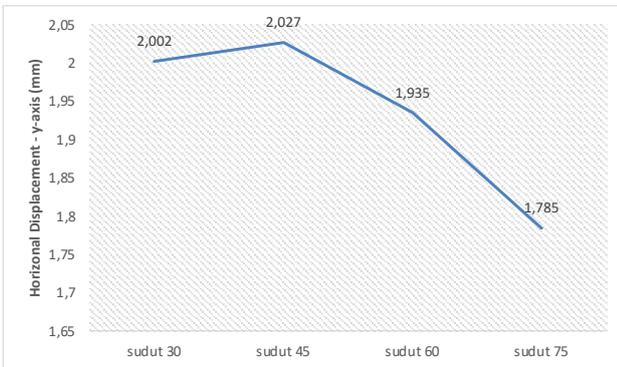
Gambar 15. Sharring Sudut 75⁰ (0,1785 cm)
 (Sumber: Penulis, 2024)

Dari output sharring terlihat dari legend colour nilai tertinggi pergeseran arah Y dari type 1 mencapai 0,2027 cm



Gambar 16. Arrows Tipe 1,2,3 dan 4
 (Sumber: Penulis, 2024)

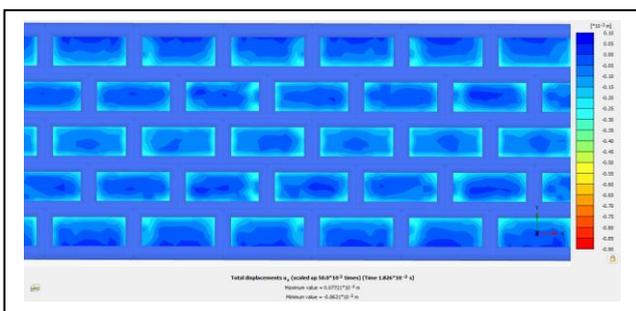
Pada output arrows type 1 sama halnya dengan arah X setelah paving ditekan arah vertikal paving bergerak menjauh antar paving satu dengan yang lain ke arah Y. Tekanan beban membuat paving bergerak ke arah yang tidak beraturan kanan kiri karena bagian bawah paving boundary (tidak bisa bergerak).



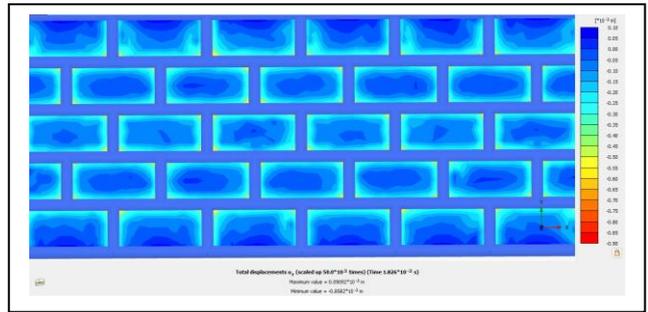
Gambar 17. Grafik Tipe 1,2,3 dan 4 arah y
 (Sumber: Penulis, 2024)

Dari grafik diatas hasil menunjukkan bahwa type 2 memiliki pergeseran yang paling tinggi karena memiliki sudut Chamfer yang besar membuat tekanan masuk diantara celah paving dan membuat paving bergeser ke arah Y.

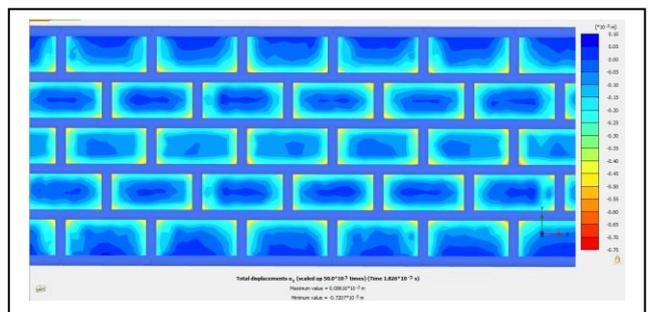
Analisa Arah z



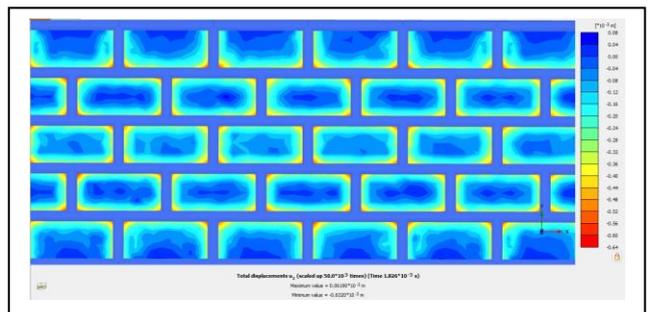
Gambar 18. Sharring Sudut 30° (0,08582 cm)
 (Sumber: Penulis, 2024)



Gambar 19. Sharring Sudut 45° (0,08631 cm)
 (Sumber: Penulis, 2024)

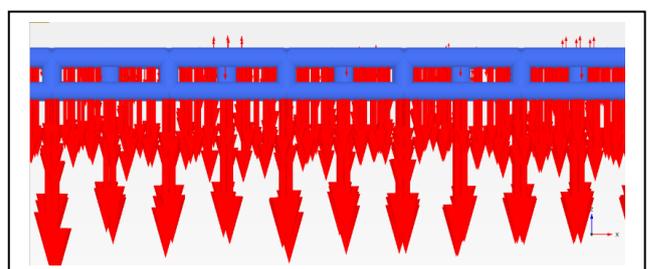


Gambar 20. Sharring Sudut 60° (0,07207 cm)
 (Sumber: Penulis, 2024)



Gambar 21. Sharring Sudut 75° (0,06320 cm)
 (Sumber: Penulis, 2024)

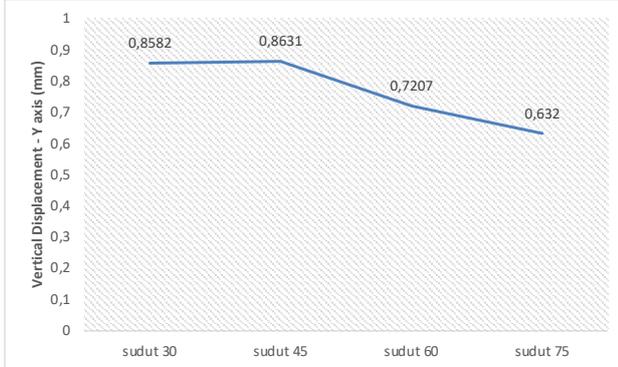
Pada gambar output diatas menunjukkan warna biru terang memiliki penurunan yang lebih tinggi dibanding dengan warna yang berwarna biru tua. Pada keterangan gambar penurunan terbesar yang terjadi yaitu 0,08631cm



Gambar 22. Arrows Tipe 1,2,3 dan 4

(Sumber: Penulis, 2024)

Pada output arrows arah Y type 1,2,3 dan 4 memiliki pergerakan yang hampir sama dan yang membedakan hanya besarnya penurunan yang terjadi. Pada output arrows diatas pergerakan dominan ke bawah dan hanya beberapa yang mengarah ke atas karena efek pergeseran paving. Nilai penurunan terbesar terjadi di jointing paving yang tidak memiliki struktur untuk menahan beban.

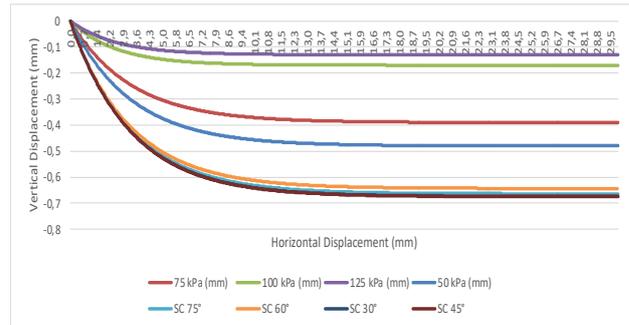


Gambar 23. Grafik Tipe 1,2,3 dan 4 arah z
 (Sumber: Penulis, 2024)

Dari grafik diatas hasil menunjukkan bahwa type 2 memiliki pergeseran yang paling tinggi karena memiliki sudut Chamfer yang besar membuat tekanan masuk diantara celah paving dan membuat paving bergeser ke arah Z.

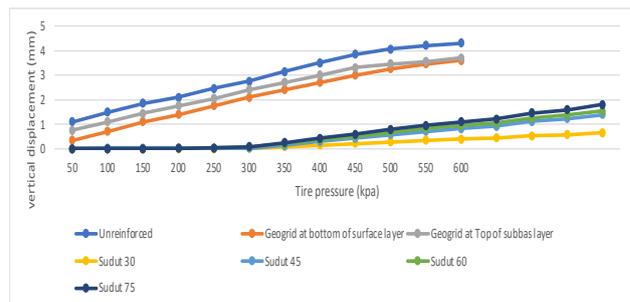
Perbandingan dengan Penelitian Sejenis

Penelitian yang dilakukan oleh A. S. R. Raveendran Thulasibai pada tahun 2020 menyebutkan bahwa untuk menghindari proses studi eksperimental yang konvensional, analisis lanjutan dilakukan menggunakan perangkat lunak PLAXIS. Pemodelan numerik dilakukan untuk menganalisis delapan jenis gradasi pasir penyambung, guna memahami pengaruhnya terhadap perilaku tegangan geser antarmuka. Tegangan geser aktual akibat beban lalu lintas dari 50 juta gandar standar dihitung menggunakan perangkat lunak IITPAVE. Kekuatan geser antarmuka diperoleh dari hasil eksperimen, dan dibandingkan untuk memastikan bahwa kekuatan geser antarmuka cukup menahan tegangan geser aktual.



Gambar 24. Perbandingan dengan Penelitian A. S. R. Raveendran Thulasibai
 (Sumber: Penulis, 2024)

Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh M Al - Jumaili pada tahun 2016 menunjukkan bahwa selama pembebanan statis, efek moderat pada perilaku perkerasan adalah diamati karena adanya lapisan geogrid yang diperkuat. Pengaruh posisi geogrid di bagian bawah lapisan permukaan beton aspal pada respon perkerasan terlihat jelas. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa peningkatan moderat dalam perilaku sistem perkerasan diperoleh dengan menambahkan lapisan geogrid pada lapisan perkerasan beton aspal dan lapisan subbase.



Gambar 25. Perbandingan dengan Penelitian M Al - Jumaili
 (Sumber: Penulis, 2024)

KESIMPULAN

Paving dengan sudut chamfer 45° memiliki pengaruh yang paling besar dalam penelitian ini. Dengan sudut chamfer yang lebih besar dari sudut chamfer lainnya sangat mempengaruhi hasil pembebanan yang terjadi. Dapat dilihat pergeseran arah Z terjadi penurunan hingga 0,8631 mm yang merupakan penurunan terbesar. Sudut chamfer memiliki peran yang penting dalam kualitas perkerasan paving, walaupun kualitas mutu material paving memiliki kualitas tinggi namun jika sudut chamfer nya cukup besar maka penurunan ban sepeda akan cukup besar dan hal tersebut

akan mempengaruhi kenyamanan berkendara. Saran yang dapat dilakukan untuk penelitian selanjutnya ialah bagaimana mengembangkan suatu bentuk paving dengan sudut chamfer yang lebih sesuai dengan ketentuan limitasi batas kecepatan di jalan perkotaan sehingga kinerja ruas jalan di perkotaan semakin baik. Untuk perbandingan penurunan dari penelitian yang dilakukan A.S.R. Receendran Thulasibai dengan sudut chamber 45° masih menjadi yang terbesar dibandingkan dengan variabel lainnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih dan apresiasi penulis sampaikan pada Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang yang telah membiayai penelitian ini pada skema pendanaan pengembangan laboratorium teknik transportasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Faqih, N., & Laksono, E. A. (2022). PEMODELAN KOMPUTASIONAL UNTUK MENENTUKAN KEKUATAN STRUKTUR BANGUNAN. *Jurnal Ilmiah Arsitektur*, 12(2), 63–68. <https://doi.org/10.32699/jiars.v12i2.3034>
- Franco, M. A. M., & De Sousa, J. S. (2020). Sustainable constructions: Applications for the city of Uberaba - MG. *Revista de Gestao Ambiental e Sustentabilidade*, 9(1). <https://doi.org/10.5585/GEAS.V9I1.16205>
- George, A., Athira, I. C., Joseph, N. S., Joseph, S., Unnikrishnan, V., Mathew, M. S., ... Thomas, M. R. (2022). *Influence of Using Waste Materials as Partial Replacement of Coarse Aggregates in Concrete Paver Blocks*. *Lecture Notes in Civil Engineering* (Vol. 193). https://doi.org/10.1007/978-3-030-87379-0_63
- Hettiarachchi, H. A. C. K., & Mampearachchi, W. K. (2016). New block design and laying parameters for interlocking concrete block pavements to improve human thermal comfort levels in urban spaces. *International Journal of Sustainable Building Technology and Urban Development*, 7(2), 104–115. <https://doi.org/10.1080/2093761X.2016.1172278>
- Jamshidi, A., Kurumisawa, K., White, G., Nishizawa, T., Igarashi, T., Nawa, T., & Mao, J. (2019). State-of-the-art of interlocking concrete block pavement technology in Japan as a post-modern pavement. *Construction and Building Materials*, 200, 713–755. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.11.286>
- Jusli, E., Md. Nor, H., Jaya, R. P., Haron, Z., Bujang, M., & Wan Azahar, W. N. A. (2019). *Waste tyre rubber application in semi-rigid and flexible pavement*. *Handbook of Research on Resource Management for Pollution and Waste Treatment*. <https://doi.org/10.4018/978-1-7998-0369-0.ch001>
- M. A. Al-Jumaili, Finite Element Modelling of Asphalt Concrete Pavement Reinforced with Geogrid by Using 3-D Plaxis Software. *Trends in Transport Engineering and Applications*, 2016, [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/321950129>
- Mampearachchi, W. K., & Senadeera, A. (2014). Determination of the Most Effective Cement Concrete Block Laying Pattern and Shape for Road Pavement Based on Field Performance. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 26(2), 226–232. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)mt.1943-5533.0000801](https://doi.org/10.1061/(asce)mt.1943-5533.0000801)
- Putra Muttaqien, A. R. (2024). Kinerja Pelayanan Mobil Penumpang Umum Kota Semarang pada Masa Pandemi Covid-19 Studi Kasus Trayek C.8. *Warta Penelitian Perhubungan*, 35(2), 1–12. <https://doi.org/10.25104/warlit.v35i2.2025>
- R. T. Arjun Siva Rathan, V. Sunitha, P. Murshida, and V. Anusudha, Influence of bedding and jointing sand on the shear strength characteristics of Interlocking Paver Blocks—bedding sand interface, *International Journal of Pavement Engineering*, vol. 23, no. 7, pp. 2160–2175, 2022, doi: 10.1080/10298436.2020.1847286.