



Penggunaan Geocell Sebagai Stabilisasi Tanah Dasar Yang Lunak Pada Proyek Pembangunan Infrastruktur Jalan Untuk Konektivitas Menuju Ibu Kota Negara (IKN)

Andre Setiawan^{1)*}, Aulia Akbar²⁾

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area

²Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area

*Corresponding author. asetiawan2301@gmail.com

ARTICLE INFO

Keywords:

Geocell, Subgrade Stabilization, Soft Soil, Road Infrastructure, National Capital (IKN), Geosynthetics, Road Construction, HDPE (High Density Polyethylene) Land Subsidence.

How to cite:

Andre Setiawan, Aulia Muflih (2025) Penggunaan Geocell Sebagai Stabilisasi Tanah Dasar Yang Lunak Pada Proyek Pembangunan Infrastruktur Jalan Untuk Konektivitas Menuju Ibu Kota Negara (IKN)



ABSTRACT

The effectiveness of using geocells as a method of stabilizing soft soil in the road construction project to the National Capital City (IKN), most of which is peat with low bearing capacity and is susceptible to subsidence and freezing. Geocells are geosynthetic materials in the form of three-dimensional cellular structures that can strengthen the soil by distributing the load evenly and resisting soil movement. This study examines the working mechanism of geocells, the characteristics of soft soil, and the application of geocells in increasing the strength, stability, and service life of road infrastructure. The research methods include literature observation, analysis of physical-mechanical parameters of soil and geocells, and evaluation of the performance of the base layer of the road reinforced with geocells through case studies and field data. The results show that the use of geocells can increase the structural stiffness of the base layer, reduce land subsidence significantly, and allow a reduction in the thickness of the granular layer by up to 50%, thereby reducing construction costs and accelerating implementation time.

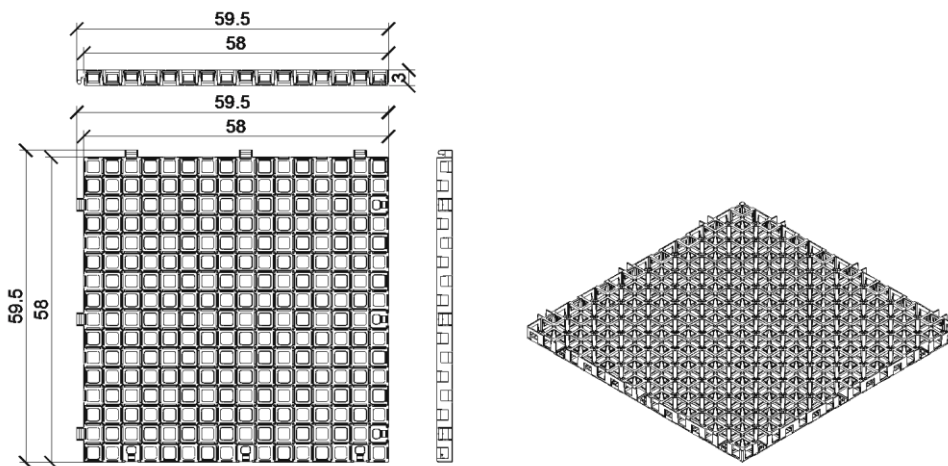
1. Pendahuluan

Pembangunan infrastruktur jalan merupakan salah satu komponen utama dalam mendukung konektivitas dan percepatan pembangunan Ibu Kota Negara (IKN). Namun, salah satu tantangan utama dalam pembangunan jalan di wilayah IKN adalah kondisi tanah dasar yang lunak, seperti tanah gambut dan tanah berair, yang memiliki daya dukung rendah dan rentan terhadap

penurunan serta deformasi. Kondisi ini berpotensi menyebabkan kerusakan pada struktur jalan, mengurangi umur pakai, serta meningkatkan biaya pemeliharaan dan perbaikan. Oleh karena itu, diperlukan metode stabilisasi tanah yang efektif untuk meningkatkan kekuatan dan stabilitas tanah dasar sebelum pelaksanaan konstruksi jalan. Salah satu teknologi yang banyak digunakan adalah geocell, yaitu material geosintetik berbentuk struktur selular tiga dimensi yang mampu memperkuat tanah dengan mendistribusikan beban secara merata dan menahan pergerakan tanah. Penggunaan geocell sebagai stabilisasi tanah dasar lunak diharapkan dapat meningkatkan daya dukung tanah, mengurangi penurunan, serta memperpanjang umur infrastruktur jalan yang dibangun. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji efektivitas penggunaan geocell dalam stabilisasi tanah lunak pada proyek pembangunan jalan menuju IKN, sehingga dapat memberikan solusi teknis yang optimal dalam mendukung pembangunan infrastruktur yang berkualitas dan berkelanjutan.

2. Tinjauan Pustaka

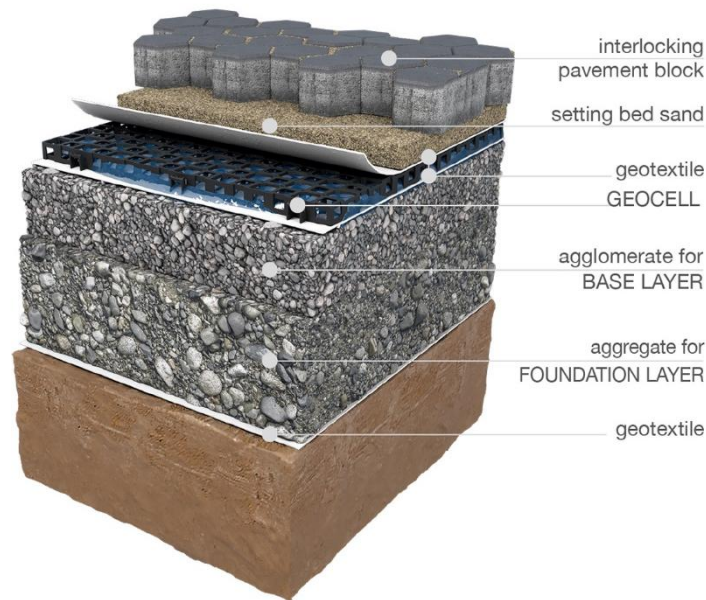
Geocell merupakan material geosintetik berbentuk struktur selular tiga dimensi yang terbuat dari *High Density Polyethylene* (HDPE) dan berfungsi sebagai sistem pengekangan (*cellular confinement system*) untuk memperkuat tanah lunak. Struktur sarang tawon ini mampu mengunci material pengisi seperti kerikil atau pasir sehingga membentuk fondasi yang lebih kokoh dan stabil. Dengan demikian, geocell dapat meningkatkan daya dukung tanah dasar dan mengurangi penurunan tanah yang tidak seragam (*differential settlement*), terutama pada tanah dengan daya dukung rendah seperti tanah gambut.



Estimated installation time	m ² /hr/man	100
Backfilling size	cm	150 × 150 × H540
No. bcs backfilling	-	300
Backfilling	m ³	100
Material	-	Polibpropylene (PP)
Color	-	Black
Tensile strength	kN/m ²	82
Weight	kg	0.81
Drainage capacity	lsec/cm ²	4
Surface void area	%	84
Space volume	%	81
Height	cm	3
Width	cm	28
Length	cm	28

Gambar 1. Karakter Teknis Geocell

Geocell bekerja dengan mendistribusikan beban secara merata ke area yang lebih luas, fenomena ini dikenal sebagai efek "*mattress*" yang meningkatkan sudut distribusi beban dan mengurangi tekanan vertikal pada tanah dasar. Dengan membatasi pergerakan horizontal dan vertikal material pengisi, geocell meningkatkan kekakuan dan stabilitas lapisan tanah, sehingga mengurangi deformasi dan penurunan yang dapat merusak struktur jalan. Selain itu, geocell juga meningkatkan modulus lapisan dasar kerikil dan daya dukung pondasi, yang berdampak positif pada performa konstruksi jalan.



Gambar 2. Lapisan tanah yang menggunakan Geocell

Penggunaan geocell telah banyak diterapkan dalam proyek pembangunan jalan di atas tanah lunak, termasuk pada proyek akses jalan di Ibu Kota Negara (IKN) yang mayoritas tanahnya berupa gambut. Geocell tidak hanya memperkuat struktur jalan tetapi juga berperan dalam pengendalian erosi pada lereng dan dinding penahan tanah, sehingga menjaga kestabilan permukaan jalan dan lereng di sekitar proyek. Studi menunjukkan bahwa lapisan dasar jalan yang diperkuat dengan geocell memiliki kekuatan yang setara dengan dua kali ketebalan lapisan dasar tanpa perkuatan, yang berarti efisiensi penggunaan material dan peningkatan umur layanan jalan.

Selain meningkatkan stabilitas dan kekuatan tanah, penggunaan geocell juga memberikan keuntungan ekonomis dengan mengurangi kebutuhan material pengisi dan waktu konstruksi, sehingga menekan biaya pembangunan hingga 20-30% dibandingkan metode konvensional. Geocell juga ramah lingkungan karena memungkinkan penggunaan material lokal sebagai isian dan mendukung infiltrasi air alami, sehingga mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Fleksibilitas desain geocell memungkinkan adaptasi pada berbagai kondisi tanah dan kebutuhan proyek, menjadikannya solusi serbaguna dalam pembangunan infrastruktur di tanah lunak.

Penelitian numerik dan eksperimental menunjukkan bahwa geocell efektif dalam meningkatkan faktor keamanan lereng dan pondasi pada tanah lunak, serta mampu mengurangi penurunan dan deformasi tanah secara signifikan. Kombinasi geocell sebagai penguatan pada pondasi dan lereng memberikan kestabilan lebih baik dibandingkan penggunaan geocell hanya pada salah satu bagian saja. Hal ini menegaskan pentingnya penerapan geocell secara komprehensif dalam proyek pembangunan jalan di wilayah dengan kondisi tanah lunak seperti IKN.

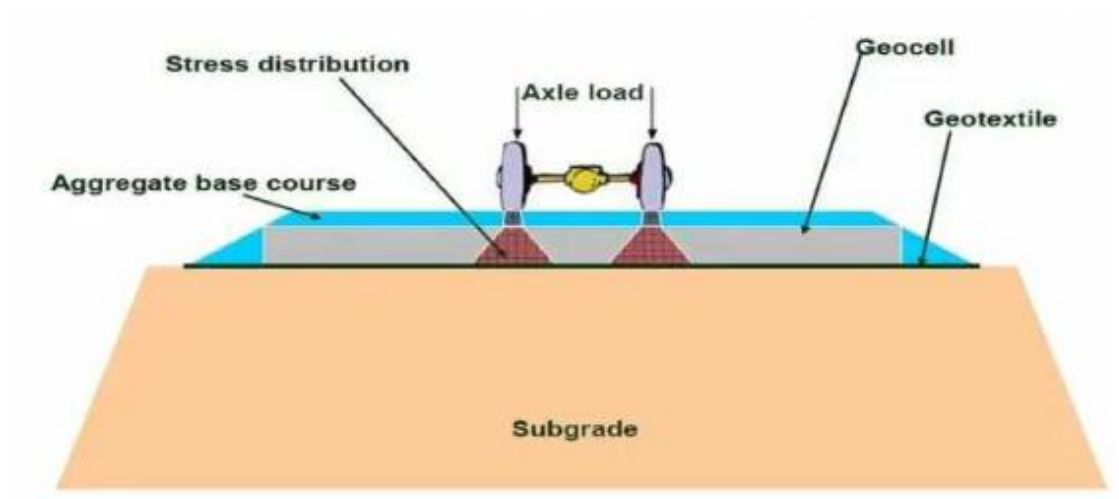
Tinjauan pustaka ini menggambarkan landasan teori dan hasil penelitian yang mendukung penggunaan geocell sebagai solusi stabilisasi tanah dasar lunak dalam pembangunan infrastruktur jalan menuju Ibu Kota Negara, dengan fokus pada peningkatan kekuatan tanah, distribusi beban, pengendalian erosi, serta efisiensi biaya dan keberlanjutan proyek.

3. Metode Penelitian

Metode penelitian dimulai dari tahapan peninjauan literatur terkait mekanisme kerja geocell, karakteristik tanah lunak (gambut), dan studi kasus penerapan geocell pada proyek infrastruktur jalan di tanah lunak. Langkah selanjutnya berupa mengidentifikasi parameter kritis: sifat fisik-mekanis tanah (kadar air, kepadatan, kuat geser), dimensi geocell (tinggi sel, ketebalan material HDPE), dan jenis material pengisi (kerikil, pasir). Kemudian menganalisis data dan evaluasi kinerja, serta validasi dan rekomendasi teknis. Langkah terakhir yaitu penarikan kesimpulan serta saran dari kajian yang dilakukan.

4. Hasil dan Pembahasan

Jalan yang belum diaspal sering kali menerima beban yang berulang-ulang; beban tersebut dapat berupa area dan jalan permanen seperti tempat parkir dan jalan kabupaten, atau jalan sementara seperti jalan akses dan jalan pengangkut di area konstruksi.



Gambar 3. Bagian jalan tak beraspal yang diperkuat Geocell

Bagian yang umum terdiri dari tanah dasar yang lemah, geotekstil *non-woven* sebagai pemisah, dasar *granular* yang diperkuat *geocell*, dan lapisan penutup. Beban lalu lintas dari as roda disalurkan ke tanah dasar melalui lapisan dasar yang diperkuat. Pada prinsipnya, lapisan dasar yang diperkuat diasumsikan cukup kaku untuk menahan deformasi dan menyalurkan tegangan ke tanah dasar yang menyebabkannya mengalami deformasi. Namun, fenomena ini lebih rumit dalam kasus perkuatan tiga dimensi seperti geocell. Sifat-sifat geocell penguat, bahan dasar dan tanah dasar, dan interaksi geocell dengan tanah yang berkontribusi pada pengekanan vertikal dan horizontal mencirikan perilaku keseluruhan bagian komposit yang diperkuat. Penyertaan struktur geocell tiga dimensi sebagai perkuatan tanah telah terbukti efektif dalam pengekanan tanah. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa perkuatan geocell pada lapisan dasar jalan yang tidak beraspal meningkatkan perilaku rekayasa bagian komposit yang diperkuat, seperti kekakuan dan daya dukung.

Sebelum pemasangan matras geocell di lapangan, lokasi dibersihkan dari semua penghalang dan tanah diratakan. Lapisan Geogrid dasar digulung ke tanah yang diratakan sedemikian rupa sehingga tumpang tindih minimal sekitar 300 mm dipertahankan di antara gulungan lapisan Geogrid dasar yang berdekatan. Tumpang tindih lebih disukai daripada jahitan untuk mengurangi waktu konstruksi. Lembaran Geogrid dengan ukuran yang dibutuhkan dipotong dari gulungan panjang untuk membangun struktur tiga dimensi.

Setelah pemasangan Geogrid dasar, selebar Geogrid dipasang dalam arah melintang dengan salah satu ujungnya dijahit ke Geogrid dasar. Lembaran tersebut kemudian diputar di sekitar tepi yang dijahit untuk membuatnya berada pada posisi vertikal dan dikencangkan sementara menggunakan tiang kayu. Demikian pula, sejumlah lembar melintang yang menutupi seluruh area dipasang. Struktur seluler dibentuk dengan menempatkan lembar Geogrid lain di antara dua lembar melintang dan menghubungkannya ke lembar melintang menggunakan batang baja kait atau sambungan bodkin *polipropilena*. Sambungan bodkin dibentuk dengan menarik untai geogrid melintang ke atas melalui geogrid diagonal dan menyelipkan pasak melalui lingkaran yang dibuat.

Geocell disebar di atas permukaan yang telah diolah dengan tenaga manusia. Bagian-bagian geocell yang berdampingan dihubungkan menggunakan stapler atau pengikat pneumatik. Geocell disebar terbuka dan ditambatkan pada posisinya menggunakan jangkar logam atau pasak kayu.



Gambar 4. Lapisan geocell tersebar di seluruh ruas jalan

Geocell kemudian diisi menggunakan loader atau peralatan serupa, dengan tambahan 50 mm



Gambar 5. Pengisian kantong geocell

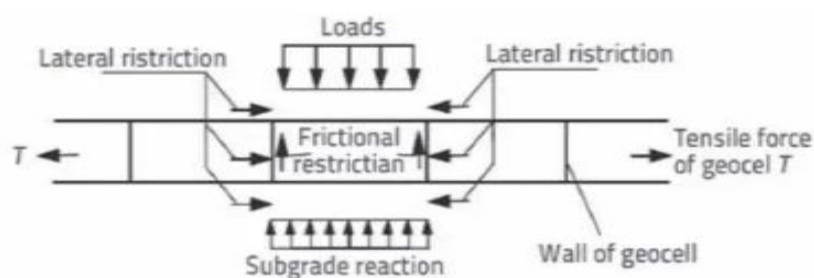
Sel-sel yang telah diisi dipadatkan menggunakan pemadat rol. Geocell yang telah diisi kemudian ditutup dengan lapisan-lapisan lain sesuai dengan desain.



Gambar 6. Pemadatan dengan roller getar

Mekanisme penguatan dalam geocell memberikan pengekangan menyeluruh pada material berdasarkan sel-selnya yang saling terhubung sehingga mencegah penyebaran tanah secara lateral pada penerapan beban. Karena itu, material komposit yang lebih baik terbentuk dan lapisan geocell berperilaku seperti kasur yang lebih kaku yang mendistribusikan kembali beban pondasi ke area yang lebih luas. Pada penerapan beban, pondasi meningkatkan tekanan pada tanah, karena itu tanah mengalami deformasi lateral dan memberikan tekanan pada membran geocell. Deformasi pada membran geocell terjadi karena tekanan dari tanah. Deformasi melingkar membran ini memobilisasi tegangan pada membran geocell yang menyebabkan peningkatan tekanan tanah. Peningkatan tekanan kurungan ini meningkatkan ketahanan terhadap deformasi sehingga tanah dapat menahan beban lebih besar. Ketahanan saling mengunci dan gesekan antara tanah dan membran juga berkontribusi terhadap ketahanan terhadap deformasi tanah.

Mekanisme efek perkuatan struktur perkerasan dengan geocell telah dieksplorasi secara rinci oleh beberapa penulis. Pada prinsipnya, ada tiga mekanisme utama yang memungkinkan geocell memiliki efek yang semakin meningkat pada kapasitas lapisan yang diperkuat: mekanisme resistensi lateral (efek sel), mekanisme dispersi tegangan, dan mekanisme efek membran. Mekanisme resistensi lateral dihasilkan dari gesekan antara tulangan geosintetik dan tanah. Dalam hal ini, tegangan geser ditransmisikan secara efisien dari tanah, melalui gesekan ke tegangan pada tulangan geosintetik. Gambar menunjukkan tampilan penampang dan gaya geser kantong kesatuan. Peningkatan efek pengekangan adalah jumlah gaya geser kantong kesatuan di bawah beban, yang diperoleh dengan mengalikan jumlah sel di bawah beban dengan gaya geser kantong kesatuan.



Gambar 7. Mekanisme resistensi lateral

Dibandingkan dengan perkerasan beton tradisional, perkerasan Beton Bertulang Geocell (GRC) GEOWEB memberikan manfaat berikut:

- a. Mengurangi keseluruhan penampang sebesar 15-25% bahkan lebih ketika biaya beton tinggi dan sumber daya terbatas
- b. Mengurangi tekanan hidrostatis & mengelola air permukaan
- c. Menghilangkan bekisting dan kebutuhan penguatan lebih lanjut
- d. Mengontrol keretakan tanpa perlu sambungan ekspansi
- e. Menjamin kedalaman beton yang tepat
- f. Pemasangan lebih mudah dengan waktu konstruksi lebih singkat

Jika dibandingkan dengan metode paving block tradisional, paving block GEOWEB *Geocell Reinforced Concrete* (GRC) memberikan manfaat sebagai berikut:

- a. Tidak ada pergeseran atau pengendapan. Beton yang dibatasi dalam struktur perkerasan GEOWEB GRC tahan terhadap perpindahan. Paver memerlukan lapisan pasir untuk permukaan halus dan pengaturan paving-dan pergeseran seiring waktu.
- b. Mengurangi tekanan hidrostatis, mengelola air permukaan. Dalam peristiwa badai, aliran air permukaan dan limpasan dapat dikurangi karena perkerasan GEOWEB GRC memungkinkan air yang menggenang meresap masuk. Ketika lapisan dasar bergradasi terbuka (OGBC) digunakan di bawah sistem, lapisan ini menyimpan air untuk perkolasi alami. Dasar pasir yang dibutuhkan untuk perkerasan tidak menyerap air dengan cepat - dan tidak dapat menyimpan volume air hujan seperti halnya OGBC dengan rasio rongga yang tinggi.

Beberapa keuntungan Geocell antara lain :

- a. Tersedia dalam berbagai ukuran sel, kedalaman, panjang bagian dan warna fasia untuk memenuhi kebutuhan proyek.
- b. Memberikan perlindungan tahan lama pada linier kedap air.
- c. Memungkinkan deformasi tanah dasar yang signifikan tanpa kehilangan integritas struktural.
- d. Mudah untuk diangkut dan dipasang.
- e. Ketahanan tinggi terhadap tegangan tarik, sobek, pukulan, dan kelelahan.
- f. Bahan ramah lingkungan.
- g. Ringan, Murah, Daya tahan tinggi.
- h. Sangat ekonomis penggunaannya dibandingkan dengan produk lain.
- i. Mereka meningkatkan keandalan struktur dan umur struktur.

Sementara itu, Geocell juga memiliki kekurangan antara lain :

- a. Kinerja jangka panjang dari resin terformulasi khusus yang digunakan untuk membuat geocell harus dipastikan dengan menggunakan aditif yang tepat termasuk antioksidan, penyaring ultraviolet, dan filter.
- b. Penanganan, penyimpanan, dan pemasangan harus dipastikan melalui kontrol kualitas dan jaminan kualitas yang cermat.

5. Kesimpulan

Penggunaan lapisan geocell pada perkerasan fleksibel meningkatkan kekakuan struktural sistem perkerasan. Geocell dapat digunakan secara efektif sebagai sistem perkuatan pada lapisan dasar/sub dasar perkerasan untuk meningkatkan kekakuan dan perilaku ketahanan. Lapisan Geocell menahan beban roda maksimum yang menuju ke tanah dasar dan menyebabkan pengurangan deformasi. Penggunaan lapisan geocell diketahui dapat mengurangi ketebalan lapisan granular hingga 50%. Total biaya sistem perkerasan per satuan luas ditemukan lebih rendah bahkan dengan penggunaan lapisan geocell yang mahal. Peningkatan kekakuan akan memperbaiki kinerja perkerasan dan menambah masa pakai perkerasan. Sebaiknya lapisan geocell disediakan sedekat mungkin dengan beban permukaan untuk mendapatkan pengaruh yang maksimal. Jika lapisan kedua akan disediakan, lapisan kedua dapat disediakan pada tingkat tanah dasar. Pengurangan ketebalan lapisan dasar menyebabkan konstruksi lebih cepat karena kebutuhan material lebih sedikit. Hal ini pada gilirannya juga akan menghasilkan jejak karbon lebih rendah karena pengangkutan material dalam jumlah lebih sedikit dari tambang yang jauh.

6. Referensi

- Al-Sinaidi Rahman dan Ali Hassan Ashraf. Peningkatan daya dukung tanah dengan geogrid - pendekatan eksperimental. Asosiasi Internasional untuk Geologi Teknik dan Lingkungan (IAEG) 2006; hlm 1-5.
- Das B.M dan Shin E.C. Pondasi strip pada perilaku tanah liat yang diperkuat geogrid di bawah pembebanan siklik. *Geotekstil dan Geomembran*. 13(10),1998; 657-666.
- Dong Y.L, Han J, dan Bai X.H. Sebuah studi numerik tentang respon tegangan-regangan geogrid biaxial di bawah tegangan pada arah yang berbeda. Konferensi GeoFlorida, 2011, hlm 2551-2560.
- Das B.M. Pondasi dangkal pada pasir yang dilapisi lempung lunak dengan antarmuka geotekstil. *Geosynthetics for Soil Improvement*. 1988. hlm 112-126.
- Moayed H, Kazemian S, Parasad A. dan Huat B.K. Pengaruh Lokasi Perkuatan Geogrid pada Peningkatan Jalan Beraspal. *Jurnal Elektronik Teknik Geoteknik*, 2009. hlm 1-11
- Huabao zhou dan Xuejun wen. Studi model pada bantalan pasir yang diperkuat geogrid atau geocell pada tanah lunak. *Geotekstil dan geomembran*. 26, 2008., hlm 231-238.
- Madhavi Latha G. Desain perkuatan geocell untuk mendukung tanggul di tanah lunak. Konferensi internasional ke-12 asosiasi internasional untuk metode komputer dan kemajuan dalam Geomekanik (IACMAG. 2008. Chu Bo dan Choa. Perbaikan tanah ultra-lunak menggunakan drainase vertikal prefabrikasi Geotekstil dan geomembran. 24, 2006. hlm 339-348.
- Amalendughosh, Ambarish Ghosh dan Ashis Kumar Bera. Daya dukung pondasi persegi pada tanah abu tambak yang diperkuat dengan geotekstil goni. *Geotekstil dan geomembran*. 23,2005. hlm 144-173.
- Andre R.S, Fahel, Ennio M, Palmeria dan Ortigao, Perilaku abutmen yang diperkuat Geogrid pada tanah lunak di jalan raya BR 101-sc Brazil. Publikasi khusus Geoteknik Proc ASCE. 2000.
- Binquet J. dan Lee K.L. Uji Daya Dukung pada Pelat Tanah. *Jurnal Divisi Teknik Geoteknik., ASCE*. Vol.101(12), 1975., hlm. 1241-1255.

- Shahid Bashir Bhat, Danish Kunroo dan Zahid Ahmad. Perbandingan Kepadatan Kering Maksimum, Kadar Air Optimum dan Kekuatan Tanah Granular Menggunakan Metode Pemadatan yang Berbeda, *Jurnal Internasional Teknik Sipil dan Teknologi (IJCIET)*, 6 (2), 2015, hlm. 01-05.
- Abhishek Singh, B. R. Phanikumar dan Ram Prasad. Pengaruh Perkuatan Geogrid terhadap Kapasitas Daya Dukung Lapisan Pasir Kasar, *Jurnal Internasional Teknik Sipil dan Teknologi (IJCIET)*, 7 (3), 2016, hlm. 01-06.
- Saride S. dan Rayabharapu V. K., 'Perilaku Basis Granular Bertulang Geocell yang Melewati Subgrade Lemah di Bawah Beban Roda Gandar Tunggal', *Konferensi Geoteknik India ke-50*, Pune, Maharashtra, India, 2018.
- Saride S., Rayabharapu V. K. dan Vedpathak S., 'Evaluasi Perilaku Alur Tanah Dasar Pasir Bertulang Geocell di Bawah Pembebanan Berulang', *Indian Geotech J*, DOI 10.1007/s40098-014-0120-8, 2017.
- Han J., Pokharel S. K., Yang X., Manandhar C., Leshchinsky D., Halahmi I. dan Parsons R. L., 'Kinerja Basis RAP yang Diperkuat Geocell di Atas Tanah Dasar yang Lemah di Bawah Beban Roda Bergerak Skala Penuh', *J. Mater. Eng. Sipil*, 23(11): 1525-1534, 2016.
- Han J., Pokharel S. K., Yang X., Manandhar C., Leshchinsky D., Halahmi I. dan Parsons R. L., 'Kinerja Basis RAP yang Diperkuat Geocell di Atas Tanah Dasar yang Lemah di Bawah Beban Roda Bergerak Skala Penuh', *J. Mater. Eng. Sipil*, 23(11): 1525-1534, 2015.
- Pokharel S.K., 'Studi Eksperimental pada Basis yang Diperkuat Geocell di Bawah Pembebanan Statis dan Dinamis', *Tesis D. Phil*, Universitas Kansas, AS, 2013.
- Madhavi Latha, G.M., Dash, S.K., Rajagopal, K. (2012) Simulasi kontinum ekuivalen dari lapisan pasir bertulang geocell yang mendukung tapak strip, *Teknik Geoteknik dan Geologi*, 6 (4), 387-398.