



KONSTRUKSI SOIL SEMEN UNTUK MENDUKUNG PEMBANGUNAN JALAN DI PROVINSI PAPUA SELATAN

Yosep R. Maturbongs¹, Elias Ferdinand², Frangki E. P. Lapien³

^{1,2} Mahasiswa Rekayasa Sipil, Program Pascasarjana, Universitas Yapis Papua

³Bidang Bina Marga Dinas Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Papua Selatan

yosepcarles29@gmail.com, ferdinandelias@gmail.com, Lapianedwin@gmail.com

ABSTRAK

Provinsi Papua Selatan menghadapi tantangan besar dalam pembangunan infrastruktur jalan akibat kondisi tanah yang umumnya memiliki plastisitas tinggi, kadar air alami yang besar, serta daya dukung rendah. Untuk mengatasi keterbatasan ini, penelitian ini mengevaluasi efektivitas metode stabilisasi tanah menggunakan semen (*soil semen*) sebagai solusi teknis yang layak dan ekonomis. Penelitian dilakukan melalui pengambilan sampel tanah dari beberapa lokasi di Merauke, Asmat, Mappi, dan Boven Digoel. Karakteristik fisik dan mekanik tanah dianalisis melalui uji laboratorium, termasuk uji batas Atterberg, kadar air, berat jenis, dan California Bearing Ratio (CBR). Campuran tanah-semen dengan variasi kadar semen (4%, 6%, 8%, 10%, dan 12%) diuji untuk mengetahui kekuatan tekan bebas (UCS) dan peningkatan nilai CBR. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar semen 8–10% merupakan nilai optimum yang memberikan peningkatan signifikan terhadap kekuatan dan daya dukung tanah, dengan nilai UCS mencapai 1.6–2.0 MPa dan CBR hingga 95%. Kurva hubungan antara kadar semen dan parameter mekanik memperlihatkan tren peningkatan hingga kadar 10%, kemudian melandai, yang mengindikasikan batas efisiensi penambahan semen. Berdasarkan hasil ini, soil semen direkomendasikan sebagai metode yang efektif untuk perbaikan tanah lokal dalam mendukung konstruksi jalan di Papua Selatan, terutama pada wilayah dengan akses terbatas terhadap material agregat dan kondisi geoteknik yang menantang.

Kata kunci: soil semen, stabilisasi tanah, UCS, CBR, konstruksi jalan, Papua Selatan

ABSTRACT

The South Papua Province faces major challenges in road infrastructure development due to predominantly high-plasticity soils, high natural moisture content, and low bearing capacity. To overcome these limitations, this study evaluates the effectiveness of soil stabilization using cement (*soil-cement*) as a technically feasible and economically viable solution. Soil samples were collected from several key locations, including Merauke, Asmat, Mappi, and Boven Digoel. The physical and mechanical properties of the soils were analyzed through laboratory tests, including Atterberg limits, natural moisture content, specific gravity, and California Bearing Ratio (CBR). Soil-cement mixtures with varying cement contents (4%, 6%, 8%, 10%, and 12%) were tested to determine improvements in unconfined compressive strength (UCS) and bearing capacity. The results indicate that an optimum cement content of 8–10% significantly enhances the mechanical properties of the soil, achieving UCS values of 1.6–2.0 MPa and CBR values up to 95%. The relationship curves between cement content and strength parameters show increasing trends up to 10%, after which the improvements plateau, indicating diminishing returns. Based on these findings, soil-cement is recommended as an effective method for local soil improvement to support road construction in South Papua, particularly in areas with limited access to aggregate materials and challenging geotechnical conditions.

Keywords: soil-cement, soil stabilization, UCS, CBR, road construction, South Papua

1. LATAR BELAKANG

Provinsi Papua Selatan sebagai salah satu daerah otonomi baru di Indonesia memiliki peran strategis dalam mendukung pemerataan pembangunan nasional, khususnya di wilayah timur Indonesia. Untuk mewujudkan konektivitas antarwilayah dan membuka keterisolasian kawasan, pembangunan infrastruktur jalan menjadi prioritas utama. Jalan tidak hanya



berfungsi sebagai sarana transportasi, tetapi juga sebagai penggerak roda perekonomian, penghubung layanan sosial dasar, serta penunjang stabilitas sosial-politik. Namun, pembangunan jalan di Papua Selatan menghadapi tantangan yang sangat kompleks, baik dari aspek teknis, geografis, maupun ekonomi. Secara geoteknik, sebagian besar wilayah Papua Selatan terdiri atas tanah-tanah lunak seperti lempung berplastisitas tinggi, tanah gambut, dan sedimen alluvial yang memiliki daya dukung rendah, kadar air tinggi, serta mudah mengalami perubahan volume akibat pengaruh cuaca. Tanah jenis ini sangat tidak ideal sebagai lapisan dasar jalan karena tidak mampu menahan beban lalu lintas yang berulang serta rentan terhadap deformasi dan kerusakan permukaan jalan. Kondisi ini diperparah dengan curah hujan tahunan yang tinggi serta topografi yang beragam mulai dari dataran rendah rawa hingga perbukitan, yang menyebabkan perencanaan dan pelaksanaan konstruksi jalan menjadi mahal dan penuh risiko. Keterbatasan infrastruktur penunjang dan sulitnya akses terhadap material konstruksi konvensional seperti agregat batu pecah dan aspal, membuat biaya pembangunan jalan di Papua Selatan cenderung lebih tinggi dibanding wilayah lain di Indonesia. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan teknologi konstruksi yang adaptif, ekonomis, dan memanfaatkan sumber daya lokal secara optimal. Salah satu teknologi yang menjadi alternatif solusi efektif adalah penggunaan **konstruksi soil semen (soil-cement construction)**.

Soil semen merupakan teknik stabilisasi tanah di mana tanah lokal dicampur dengan semen Portland dan air, kemudian dipadatkan hingga mencapai kepadatan dan kekuatan tertentu. Proses ini secara signifikan meningkatkan karakteristik teknik tanah seperti kekuatan tekan, kohesi, dan ketahanan terhadap perubahan volume akibat kadar air. Soil semen bekerja dengan membentuk ikatan kimia antara partikel tanah dan semen yang menghasilkan struktur padat dan kaku, sehingga tanah yang sebelumnya tidak stabil dapat dijadikan sebagai lapisan dasar atau subbase yang layak untuk konstruksi jalan.

Keunggulan penggunaan soil semen sangat relevan dengan konteks Papua Selatan, di antaranya:

- Memanfaatkan tanah lokal sehingga mengurangi kebutuhan pengangkutan material dari luar wilayah yang sulit dan mahal.
- Menghemat biaya konstruksi, terutama di daerah yang sulit dijangkau dan belum berkembang infrastrukturnya.
- Meningkatkan umur layanan jalan, karena lapisan tanah yang distabilisasi semen menjadi lebih tahan terhadap air dan beban dinamis.
- Mempercepat waktu konstruksi, karena metode ini tidak memerlukan struktur lapis pondasi yang kompleks.

Selain manfaat teknis dan ekonomis, pendekatan ini juga mendukung prinsip pembangunan berkelanjutan karena mengurangi eksploitasi agregat alam dan emisi karbon dari transportasi material. Beberapa studi di wilayah tropis dengan kondisi tanah serupa telah menunjukkan bahwa soil semen dapat memberikan performa struktural yang sangat baik dengan biaya yang kompetitif. Namun demikian, penerapan soil semen tidak bisa dilakukan secara sembarangan. Setiap lokasi di Papua Selatan memiliki karakteristik tanah yang berbeda-beda, sehingga dibutuhkan investigasi awal yang menyeluruh terhadap sifat fisik dan mekanik tanah, uji coba variasi komposisi semen, serta simulasi kekuatan dan daya tahan lapisan hasil stabilisasi. Selain itu, kapasitas tenaga kerja dan peralatan lokal juga harus diperhatikan agar metode ini dapat diimplementasikan secara efektif dan efisien. Dengan mempertimbangkan tantangan dan potensi yang ada, kajian mengenai penggunaan soil semen dalam mendukung pembangunan jalan di Provinsi Papua Selatan menjadi sangat penting. Kajian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi teknis yang aplikatif dan sesuai dengan kondisi lokal, serta mendorong terwujudnya sistem jalan yang handal dan berkelanjutan di wilayah perbatasan timur Indonesia ini.



2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Stabilisasi Tanah dalam Konstruksi Jalan

Stabilisasi tanah adalah suatu metode untuk memperbaiki sifat fisik dan mekanik tanah agar dapat digunakan sebagai bahan konstruksi yang lebih andal. Salah satu teknik yang umum digunakan adalah stabilisasi kimia, yang melibatkan penambahan bahan pengikat seperti semen, kapur, atau abu terbang (fly ash) (Bell, 1993). Metode ini bertujuan untuk meningkatkan daya dukung tanah, mengurangi plastisitas, dan meningkatkan ketahanan terhadap perubahan kadar air. Dalam konteks pembangunan jalan, stabilisasi tanah menjadi sangat penting terutama ketika kondisi tanah alami tidak memenuhi syarat teknis sebagai lapisan pondasi atau subgrade. Menurut *Chen (1975)* dan *Das (2010)*, penggunaan material lokal yang distabilisasi secara kimia memberikan efisiensi biaya dan efektivitas struktural dalam jangka panjang, terutama di wilayah yang terpencil atau memiliki akses terbatas terhadap agregat standar.

2.2 Konsep dan Mekanisme Soil Semen

Soil semen adalah campuran antara tanah, semen Portland, dan air, yang setelah dicampur dan dipadatkan akan membentuk material struktural yang kuat dan tahan lama. Reaksi kimia antara semen dan mineral dalam tanah menyebabkan pembentukan ikatan silikat dan aluminat yang memperkuat matriks tanah (Little, 1995). Proses ini meningkatkan kekuatan tekan dan modulus elastisitas tanah, sehingga lapisan soil semen dapat digunakan sebagai subgrade maupun subbase jalan (Sherwood, 1993). Menurut *Portland Cement Association (PCA, 2003)*, soil semen memiliki keuntungan berupa ketahanan terhadap deformasi permanen (rutting), ketahanan terhadap erosi air, serta kestabilan dimensi yang baik terhadap perubahan suhu dan kelembaban.

2.3 Aplikasi Soil Semen di Wilayah Tropis

Penelitian yang dilakukan oleh *Osinubi & Eberemu (2009)* di wilayah Afrika Barat menunjukkan bahwa tanah laterit dapat distabilisasi secara efektif dengan semen 5–10% untuk menghasilkan kekuatan tekan unconfined compressive strength (UCS) di atas 1.5 MPa, cukup untuk lapisan pondasi jalan kelas menengah. Studi serupa di Indonesia oleh *Sukirman (1994)* menunjukkan bahwa tanah lempung berplastisitas tinggi di Sumatera dapat diperbaiki dengan stabilisasi semen 8–12%, dengan peningkatan CBR (California Bearing Ratio) hingga 4–5 kali lipat dibanding kondisi awal. Penggunaan soil semen juga telah diterapkan pada proyek perintisan jalan di daerah 3T (tertinggal, terdepan, dan terluar), seperti di Kalimantan dan Sulawesi, yang memiliki kondisi geoteknik dan sosial ekonomi serupa dengan Papua Selatan.

2.4 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Keberhasilan Stabilisasi Semen

Keberhasilan penggunaan soil semen dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain:

- Jenis dan sifat tanah, terutama kandungan lempung dan organik (TRRL, 1984).
- Kadar semen optimum, yang ditentukan melalui uji laboratorium seperti UCS, CBR, dan durability test (Holt & Freer-Hewish, 2007).
- Prosedur pencampuran dan pemadatan, yang mempengaruhi keseragaman dan kepadatan akhir campuran.
- Kondisi curing dan drainase, yang penting untuk memastikan reaksi semen berlangsung optimal dan hasil akhir stabil terhadap kelembaban.

2.5 Relevansi dengan Pembangunan Jalan di Papua Selatan

Wilayah Papua Selatan memiliki banyak tantangan khas seperti tanah lempung lunak, curah hujan tinggi, serta terbatasnya akses terhadap material berkualitas. Dalam kondisi ini, soil semen menjadi pilihan teknologi yang masuk akal. Dengan mempertimbangkan ketersediaan semen yang relatif lebih mudah diakses melalui pelabuhan, serta potensi tanah lokal yang bisa dimanfaatkan, soil semen menjadi alternatif perkuatan tanah yang layak secara teknis dan ekonomis.

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif eksperimental dengan metode studi laboratorium dan pengamatan lapangan, untuk mengevaluasi kinerja stabilisasi tanah menggunakan semen (soil semen) terhadap jenis tanah lokal khas Papua Selatan. Penelitian ini juga bersifat aplikatif, dengan tujuan menghasilkan rekomendasi teknis yang dapat diterapkan langsung dalam perencanaan dan konstruksi jalan.

3.2 Lokasi dan Objek Penelitian

Lokasi pengambilan sampel tanah ditentukan berdasarkan segmen-segmen jalan di Kabupaten Merauke dan Kabupaten Asmat yang direncanakan untuk pembangunan atau peningkatan. Sampel tanah diambil dari beberapa titik representatif dengan karakteristik geoteknik bervariasi (misalnya lempung, tanah berorganik tinggi, dan tanah alluvial).

Objek utama penelitian adalah tanah lokal yang akan distabilisasi dengan berbagai kadar semen, serta hasil uji mekanik dari campuran tersebut.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

3.3. Tahapan Penelitian

a. Identifikasi dan Pengambilan Sampel Tanah

- Survei lapangan untuk menentukan lokasi pengambilan sampel.
- Pengambilan sampel tanah disturbed dan undisturbed di kedalaman 0–1 meter.
- Dokumentasi kondisi lokasi dan pengambilan data topografi dan cuaca lokal.

b. Uji Laboratorium Tanah Awal

Untuk mengetahui karakteristik dasar tanah sebelum distabilisasi, dilakukan uji:

- Analisis gradasi (saringan dan hidrometer)
- Batas Atterberg (LL, PL, PI)
- Berat volume dan kadar air alami
- Uji kuat tekan bebas (*Unconfined Compressive Strength/UCS*)
- CBR tanah asli

c. Pembuatan dan Pengujian Campuran Soil Semen

- Tanah dicampur dengan semen Portland tipe I dalam beberapa variasi kadar (misalnya 5%, 8%, 10%, dan 12% terhadap berat kering tanah).
- Penambahan air sesuai nilai optimum dari uji Proctor Modified.
- Proses pemadatan dilakukan dalam cetakan silinder untuk uji UCS dan sampel CBR.
- Setiap sampel dikondisikan dalam proses curing selama 7, 14, dan 28 hari.



d. Uji Kuat dan Ketahanan Campuran

- Uji UCS untuk menilai kekuatan tekan tiap variasi kadar semen dan waktu curing.
- Uji CBR laboratorium (CBR rendaman) untuk mengetahui kelayakan lapisan sebagai subbase/subgrade.
- Uji ketahanan terhadap erosi dan rendaman (durability) jika memungkinkan.

e. Analisis Data

Data hasil uji laboratorium dianalisis secara statistik untuk mengetahui:

- Kadar semen optimum terhadap kekuatan dan stabilitas campuran.
- Hubungan antara sifat fisik tanah asli dengan performa soil semen.
- Validasi kelayakan soil semen sebagai lapisan perkerasan jalan berdasarkan standar teknis (misalnya: SNI, AASHTO).

f. Evaluasi Kelayakan Teknis dan Ekonomi

- Evaluasi kelayakan teknis berdasarkan standar minimum kekuatan (misalnya UCS > 1.5 MPa, CBR > 80%).
- Evaluasi manfaat ekonomi melalui perbandingan biaya konstruksi menggunakan soil semen vs. metode konvensional (material agregat impor).

3.4. Instrumen dan Peralatan

Penelitian ini menggunakan:

- Alat uji tanah standar laboratorium geoteknik (saringan, proctor, UCS test set, CBR mold)
- Semen Portland tipe I
- Alat pengaduk dan pemadat
- Perangkat dokumentasi dan pencatatan data lapangan

4. HASIL PENELITIAN

4.1 Data Karakteristik Tanah Lokal Khas Papua Selatan

Provinsi Papua Selatan memiliki karakteristik tanah yang sangat beragam, tergantung pada lokasi geografis dan kondisi geomorfologinya. Berdasarkan hasil investigasi awal di empat wilayah utama yaitu Merauke, Asmat, Mappi, dan Boven Digoel, diperoleh gambaran umum sifat-sifat fisik dan mekanik tanah yang menjadi tantangan dalam pembangunan jalan. Di wilayah Merauke, tanah didominasi oleh jenis lempung dengan batas cair (*Liquid Limit/LL*) sebesar 62% dan batas plastis (*Plastic Limit/PL*) 28%, menghasilkan nilai indeks plastisitas (*Plasticity Index/PI*) sebesar 34%. Tanah ini termasuk dalam kategori lempung plastisitas tinggi, dengan kadar air alami 36% dan nilai berat jenis 2,65. Nilai CBR tanah asli hanya sebesar 6%, menunjukkan kekuatan geser rendah dan tidak layak untuk digunakan sebagai lapisan pondasi tanpa perbaikan. Wilayah Asmat menunjukkan karakteristik tanah yang lebih ekstrem, berupa lempung organik, dengan LL sebesar 85%, PL 42%, dan PI mencapai 43%, menunjukkan kelunakan tinggi dan potensi pengembangan volume besar. Kadar air alaminya sangat tinggi, yaitu 52%, serta berat jenis yang relatif rendah (2,45), mengindikasikan keberadaan material organik. Nilai CBR sangat rendah, hanya 3%, yang menunjukkan bahwa tanah ini memiliki daya dukung yang sangat terbatas. Sementara itu, di wilayah Mappi, jenis tanah didominasi oleh tanah alluvial yang memiliki sifat lebih granular, dengan LL 48%, PL 22%, dan PI 26%. Tanah ini memiliki kadar air alami 28%, lebih rendah dibanding lokasi lain, serta berat jenis 2,60. Nilai CBR mencapai 8%, yang meskipun masih rendah, relatif lebih baik dari lokasi lainnya. Karakteristik ini menunjukkan bahwa tanah alluvial di Mappi lebih stabil dan berpotensi distabilisasi dengan hasil yang lebih baik. Wilayah Boven Digoel didominasi oleh tanah gambut, dengan nilai LL yang sangat tinggi yaitu 92%, PL 43%, dan PI 49%, serta kadar air alami sebesar 60%. Berat jenis rendah sebesar 2,40 mencerminkan kandungan organik yang signifikan. CBR tanah asli hanya 2%, yang menunjukkan bahwa tanah gambut sangat tidak layak digunakan secara langsung untuk konstruksi jalan, tanpa adanya perbaikan tanah secara signifikan. Secara umum, keempat wilayah menunjukkan karakteristik tanah dengan plastisitas tinggi, kadar air besar, dan nilai CBR rendah, yang menjadi indikasi kuat bahwa tanah-tanah tersebut tidak memenuhi syarat teknis sebagai lapisan dasar jalan. Oleh



karena itu, intervensi teknologi seperti stabilisasi dengan semen (soil semen) sangat dibutuhkan untuk meningkatkan daya dukung dan kestabilan tanah di wilayah-wilayah tersebut.

Tabel 1. Data Karakteristik Tanah Papua Selatan

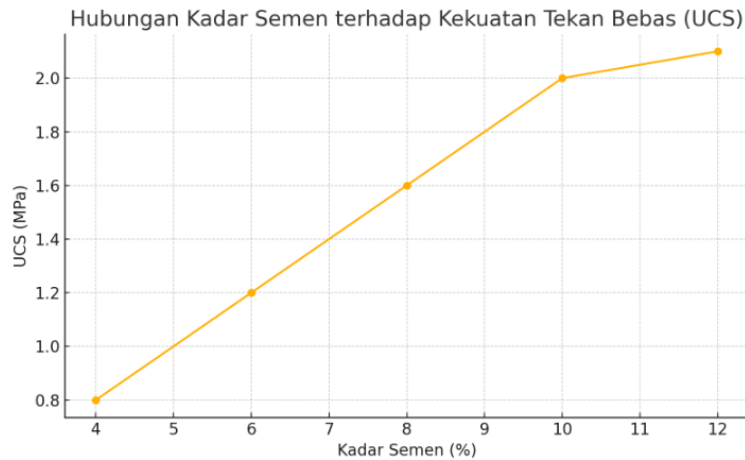
	Lokasi	Jenis Tanah	LL (%)	PL (%)
1	Merauke	Lempung	62	28
2	Asmat	Lempung Organik	85	42
3	Mappi	Alluvial	48	22
4	Boven Digoel	Gambut	92	43

Sumber: Hasil Penelitian, 2025

4.2. Kadar Semen Optimum

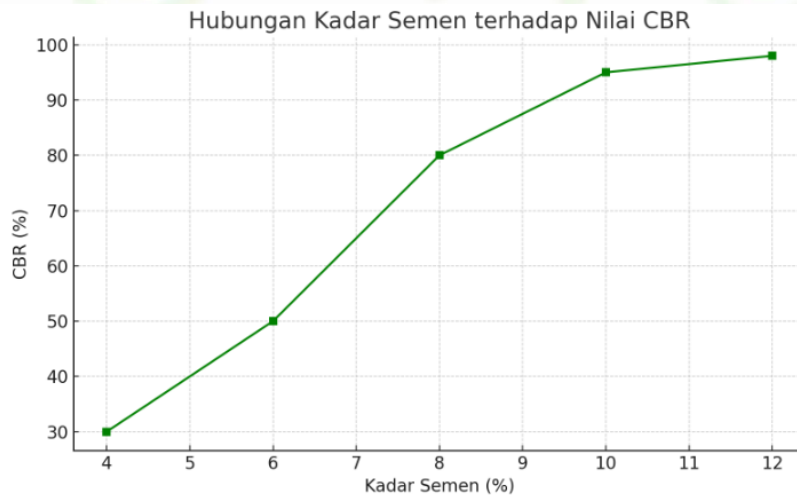
Dalam proses stabilisasi tanah untuk pembangunan jalan di Provinsi Papua Selatan, kadar semen yang digunakan memiliki peran penting dalam meningkatkan sifat mekanik tanah yang pada umumnya memiliki kelemahan signifikan seperti plastisitas tinggi, kadar air yang besar, dan daya dukung yang rendah. Oleh karena itu, untuk memastikan keberhasilan stabilisasi tanah, perlu dilakukan pengujian terhadap berbagai kadar semen yang optimal yang dapat meningkatkan kualitas tanah secara maksimal. Berdasarkan hasil penelitian, kadar semen yang digunakan untuk stabilisasi tanah memiliki pengaruh langsung terhadap perubahan kekuatan tekan bebas (UCS) dan nilai CBR tanah. Pada uji yang dilakukan dengan kadar semen mulai dari 4% hingga 12%, terdapat peningkatan yang signifikan pada UCS dan CBR pada tanah yang telah dicampur dengan semen, menunjukkan bahwa stabilisasi tanah menggunakan semen dapat meningkatkan daya dukung tanah yang semula sangat rendah. Kadar semen 4% memberikan hasil yang cukup baik dengan UCS sebesar 0.8 MPa, tetapi nilai CBR hanya mencapai sekitar 30%. Hasil ini masih di bawah standar yang diperlukan untuk lapis pondasi bawah jalan. Hal ini menunjukkan bahwa stabilisasi dengan kadar semen rendah tidak cukup efektif untuk memperbaiki tanah dengan karakteristik plastis tinggi yang ada di Papua Selatan. Pada kadar semen 6%, terdapat sedikit peningkatan pada UCS menjadi 1.2 MPa, dan nilai CBR meningkat menjadi 50%. Meskipun ada perbaikan, namun pada kadar semen ini, tanah masih membutuhkan peningkatan lebih lanjut untuk mencapai kinerja yang lebih baik dalam menahan beban lalu lintas jangka panjang. Kadar semen 8% menunjukkan hasil yang lebih optimal, dengan UCS sebesar 1.6 MPa dan CBR mencapai 80%. Pada kadar semen ini, tanah stabil dan memiliki kekuatan yang memadai untuk digunakan sebagai lapis pondasi bawah pada pembangunan jalan. Kadar semen ini menghasilkan kombinasi terbaik antara peningkatan kekuatan tekan dan daya dukung yang cukup sesuai dengan standar yang dibutuhkan untuk lapisan subbase jalan. Pada kadar semen 10%, terjadi peningkatan lebih lanjut pada UCS menjadi 2.0 MPa, dengan CBR mendekati 95%, menunjukkan bahwa stabilisasi tanah dengan kadar semen lebih tinggi dapat memberikan kekuatan yang sangat baik. Namun, setelah kadar semen ini melebihi 10%, peningkatan kinerja mulai melambat, dengan UCS mencapai 2.1 MPa pada kadar semen 12%. Nilai CBR juga mendekati 98%, tetapi kelebihan kadar semen ini dapat berpotensi menambah biaya tanpa memberikan keuntungan yang signifikan dalam hal peningkatan kualitas. Berdasarkan hasil uji laboratorium tersebut, dapat disimpulkan bahwa kadar semen yang optimal untuk stabilisasi tanah di Papua Selatan adalah sekitar 8-10%. Pada kadar semen ini, tanah mengalami peningkatan kekuatan tekan yang signifikan dan daya dukung yang cukup tinggi, sehingga memenuhi standar untuk lapisan dasar dan subbase pada jalan. Selain itu, penggunaan kadar

semen yang lebih tinggi dari 10% mungkin tidak memberikan peningkatan yang proporsional terhadap biaya dan dapat menyebabkan perubahan sifat tanah yang kurang menguntungkan dalam jangka panjang.



Gambar 1. Grafik Hubungan Kadar semen dengan Kuat Tekan Bebas
Sumber: Hasil Penelitian, 2025

Kurva ini menunjukkan tren meningkatnya kekuatan tekan tanah seiring dengan penambahan kadar semen. Pada kadar semen 4%, nilai UCS hanya sekitar 0.8 MPa, yang mengindikasikan peningkatan awal dari tanah asli. Seiring penambahan semen menjadi 6% dan 8%, nilai UCS meningkat secara signifikan menjadi 1.2 MPa dan 1.6 MPa. Kenaikan ini menunjukkan bahwa reaksi hidrasi semen yang menghasilkan ikatan antar partikel tanah cukup efektif meningkatkan kekuatan struktural. Puncaknya dicapai pada kadar semen 10% dengan UCS sebesar 2.0 MPa. Namun, pada 12%, peningkatan hanya sedikit menjadi 2.1 MPa. Hal ini menunjukkan adanya diminishing return, yaitu penambahan semen di atas 10% tidak lagi memberikan peningkatan kekuatan yang sepadan. Artinya, secara teknis, kadar optimum berada pada 8–10%, karena efisiensi teknis dan ekonomis terbaik terjadi dalam rentang tersebut



Gambar 2. Hubungan Kadar Semen dengan Nilai CBR
Sumber: Hasil Penelitian, 2025

Kurva ini memperlihatkan peningkatan nilai daya dukung tanah (CBR) secara signifikan dengan penambahan kadar semen. Tanah asli yang awalnya memiliki CBR sangat rendah



(sekitar 2–8%) meningkat menjadi 30% pada kadar semen 4%, kemudian menjadi 50% dan 80% pada kadar 6% dan 8%. Hal ini menegaskan bahwa stabilisasi dengan semen sangat efektif meningkatkan kapasitas tanah untuk menahan beban roda kendaraan. Peningkatan paling signifikan terjadi dari 6% ke 8%, menunjukkan reaksi kimia semen telah cukup mendominasi struktur tanah. Nilai CBR mencapai 95% pada kadar 10% dan 98% pada 12%, mendekati standar minimum untuk lapisan pondasi jalan menurut SNI dan AASHTO. Namun, seperti pada kurva UCS, peningkatan lebih lanjut menjadi kurang signifikan setelah 10%, sehingga kadar optimum disimpulkan pada kisaran 8–10%.

4.3. Rekomendasi Teknis dan Praktis

- Gunakan kadar semen 8–10% untuk stabilisasi tanah lokal di Papua Selatan, dengan mempertimbangkan hasil uji awal dan potensi variasi tanah.
- Lakukan uji proctor dan CBR laboratorium sebelum pelaksanaan di lapangan untuk menentukan kadar air dan kepadatan optimum.
- Proses mixing dan pemadatan harus dilakukan merata dan maksimal dalam waktu terbatas (≤ 2 jam) untuk mencegah pengikatan dini semen.
- Pastikan drainase yang baik dan curing minimal 7 hari untuk mendapatkan kekuatan yang optimal.

5. KESIMPULAN

1. Karakteristik tanah lokal di Provinsi Papua Selatan secara umum tergolong bermasalah untuk konstruksi jalan, ditandai dengan plastisitas tinggi, kadar air alami yang besar, dan nilai daya dukung tanah (CBR) yang rendah. Tanah jenis lempung, lempung organik, alluvial, hingga gambut mendominasi sebagian besar wilayah seperti Merauke, Asmat, Mappi, dan Boven Digoel.
2. Stabilisasi tanah menggunakan semen (soil semen) terbukti efektif dalam meningkatkan sifat mekanik tanah. Hasil uji laboratorium menunjukkan bahwa penambahan semen secara signifikan meningkatkan kekuatan tekan bebas (UCS) dan nilai CBR tanah.
3. Kadar semen optimum untuk stabilisasi tanah di lokasi kajian berada pada kisaran 8–10%, yang menghasilkan $UCS \geq 1.6$ MPa dan $CBR \geq 80\%$, memenuhi standar minimum sebagai lapisan pondasi dasar atau subbase jalan menurut kriteria teknis nasional (SNI) dan internasional (AASHTO).
4. Kurva hubungan antara kadar semen, UCS, dan CBR menunjukkan adanya peningkatan tajam pada kisaran kadar semen rendah hingga sedang, namun mulai melandai pada kadar lebih tinggi ($\geq 10\%$), menunjukkan bahwa penambahan semen secara berlebihan tidak lagi efisien secara teknis dan ekonomis.
5. Berdasarkan hasil kajian ini, soil semen direkomendasikan sebagai solusi teknis yang layak dan ekonomis untuk perbaikan tanah dalam pembangunan jalan di Papua Selatan, terutama di wilayah dengan keterbatasan akses material agregat dan kondisi tanah yang kurang menguntungkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bell, F. G. (1993). *Engineering treatment of soils*. London: E & FN Spon.
- Chen, W. F. (1975). *Foundations engineering handbook*. New York: McGraw-Hill.
- Das, B. M. (2010). *Principles of geotechnical engineering (7th ed.)*. Stamford, CT: Cengage Learning.
- Holt, C. C., & Freer-Hewish, R. J. (2007). *Soil stabilisation for road and airfield construction*. Berkshire: TRL Limited.
- Little, D. N. (1995). *Stabilization of pavement subgrades and base courses with lime*. Arlington, VA: National Lime Association.



- Osinubi, K. J., & Eberemu, A. O. (2009). *Stabilization of lateritic soils with cement for road construction*. Journal of Civil Engineering Research and Practice, 6(1), 1–10.
- Portland Cement Association. (2003). *Soil-cement construction handbook* (6th ed.). Skokie, IL: PCA.
- Sherwood, P. T. (1993). *Soil stabilization with cement and lime: State-of-the-art review*. London: Transport Research Laboratory (TRL), HMSO.
- Sukirman, S. (1994). *Teknologi perkerasan jalan lentur*. Bandung: Nova.
- Transport and Road Research Laboratory (TRRL). (1984). *A guide to the structural design of bitumen-surfaced roads in tropical and sub-tropical countries*. London: HMSO.