Indonesian Research Journal on Education

e-ISSN: 2775 – 8672, p-ISSN: 2775 – 9482
Volume 6 Nomor 1 Tahun 2026
Halaman: 353 – 356

Web: https://irje.org/index.php/irje

RESEARCH

Analisis Pengaruh Additive CMC Alami Bubuk Bonggol Pisang Terhadap Compressive Strength pada Semen Pemboran

Efraim Dennis L.A[1], Sulardi[2], Markus Lumbaa[3]
Sekolah Tinggi Teknologi Migas Balikpapan, Jl, Sukarno Hatta KM 8, Karang Joang, Kec. Balikpapan Utara, Kota Balikpapan 76125, Kalimantan Timur, Indonesia

denisdeng06@gmail.com

Kata Kunci:
Compressive Strength, Semen Pemboran, Bubuk Bonggol Pisang.

Abstrak

Penyemenan dalam industri migas adalah kegiatan menginjeksikan bubur semen kedalam annulus sumur pengeboran dan dibiarkan mengeras secara alami. Penelitian ini adalah inovasi pemanfaatan bahan tambah carboxymethyl cellulose alami berbahan bubuk bonggol pisang. Komposisi bahan tambah CMC alami bubuk bonggol pisang dengan konsentrasi 0%,0,5%,1,5%,3% terhadap bahan semen dasar. Penelitian pengujian dilakukan di laboratorium pengujian teknik perminyakan Sekolah Tinggi Teknologi Migas Balikpapan. Dari hasil uji kuat tekan semen di laboratorium ketahui bahwa, penambahan additive CMC bubuk bonggol pisang 0,5% menghasilkan kuat tekan semen 2.802,18 psi. Penambahan CMC bubuk bonggol pisang 1% menghasilkan kuat tekan semen 3.928,01 psi. Dan penambahan CMCbubuk bonggol pisang 3% menghasilkan kuat tekan semen 4.900,96 psi.

Key Word:
Compressive Strength, Drilling Cement, Banana Stem Powder.

Abstract

Cementing in the oil and gas industry involves injecting cement slurry into the annulus of a drilling well and allowing it to harden naturally. This research is an innovative approach to utilizing natural carboxymethyl cellulose (CMC) from banana stem powder. The composition of the natural CMC from banana stem powder was studied at concentrations of 0%, 0.5%, 1.5%, and 3% of the base cement. The testing was conducted in the petroleum engineering testing laboratory of the Balikpapan Oil and Gas Technology College. The results of the cement compressive strength test in the laboratory showed that the addition of 0.5% CMC from banana stem powder resulted in a cement compressive strength of 2,802.18 psi. The addition of 1% CMC from banana stem powder resulted in a cement compressive strength of 3,928.01 psi. The addition of 3% CMC from banana stem powder resulted in a cement compressive strength of 4,900.96 psi.

Copyright © 2026 Efraim Dennis L.A, Sulardi, Markus Lumbaa
*This work is licensed under an **Attribution-ShareAlike 4.0 International (CC BY-SA 4.0)***

PENDAHULUAN

Semen pemboran memiliki peran penting pada sumur minyak dan gas maupun pada sumur panas bumi. Semen berperan penting dalam menjaga kestabilan lubang bor sumur, mengisolasi zona produksi agar fluida kontaminan dari formasi tidak masuk kedalam sumur, mencegah korosi material casing dan menjaga kestabilan casing agar tidak rusak akibat getaran dan benturan pada pelaksanaan pemboran sumur. Untuk mampu membuat semen pemboran untuk kepentingan maka beberapa sifat penting pada semen pemboran dipenuhi yaitu sifat kemampuan menahan tekanan (compressive strength), dan sifat tidak mudah retak semen sumur terpasang. Kuat tekan (CS) semen yang rendah memudahkan semen retak dan pecah, kuat tarik (SBS) yang rendah pipa casing bergeser dan kuat retak yang rendah akan mengakibatkan semen mudah retak.

Permasalahan kuat tekan yang rendah, kuat tarik yang rendah dan semen mudah retak sering kali terjadi pada pasangan semen sumur. Jika pasangan semen sumur pemboran mengalami kerusakan maka semen tidak dapat menjalankan fungsinya sebagai isolasi material pipa casing dari serangan korosi, kerusakan dan kegagalan pipa casing, rembesan fluida kontaminan dari formasi masuk kedalam sumur dan kegagalan semen menjaga stabilitas dinding sumur. Dampak dari permasalahan tersebut adalah tercemarnya fluida lumpur pemboran didalam sumur pemboran atau tercemarnya kualitas fluida hydrocarbon yang diproduksi dari dalam sumur. Oleh karena itu permasalahan seperti ini penting diidentifikasi apa saja penyebab terjadinya.

Sebagai solusi alternatif, pemanfaatan limbah biomassa seperti bonggol pisang sebagai sumber bahan baku CMC alami. Bonggol pisang kaya akan selulosa, yang dapat dimodifikasi menjadi CMC melalui proses kimia tertentu. Potensi ini membuka peluang pemanfaatan limbah pertanian yang melimpah di Indonesia,

e-ISSN: 2775 – 8672
p-ISSN: 2775 – 9482

sehingga mendukung prinsip keberlanjutan (sustainability) dan penghematan biaya produksi. Proses cementing dalam pemboran minyak dan gas bumi sangat penting untuk menjaga integritas sumur. Kualitas slurry semen yang digunakan akan menentukan keberhasilan isolasi zonal, kestabilan casing, serta umur produktif sumur. parameter krusial yang sering menjadi fokus permasalahan adalah rendahnya compressive strength semen. Permasalahan tersebut menimbulkan dampak serius, antara lain migrasi fluida antar lapisan, kegagalan ikatan semen dengan formasi, peningkatan biaya operasi akibat remedial cementing, hingga risiko keselamatan akibat kebocoran tekanan. Penyebab utamanya meliputi sifat formasi berpori, rasio air-semen yang tidak stabil, serta keterbatasan additive dalam slurry. Untuk menanggulangi masalah ini, telah dikembangkan alternatif penanganan salah satunya Menggunakan additive kimia sintetis seperti CMC, bentonite, atau silica fume untuk mengurangi kehilangan filtrat dan memperkuat struktur semen. Namun, bahan ini relatif mahal dan tidak selalu ramah lingkungan

Penelitian mengenai pengaruh aditif Carboxymethyl Cellulose (CMC) berbahan dasar bonggol pisang pada slurry cement terhadap kuat tekan (compressive strength), dan sifat retak (crack) semen pemboran ini dipandang penting untuk dilakukan sebagai inovasi pemanfaatan limbah bonggol pohon pisang yang selama ini tidak dimanfaatkan dan hanya menjadi sampah dilingkungannya. Dari penelitian inovasi ini diharapkan dapat diketahui manfaat penggunaan material bonggol pisang terhadap sifat kuat tekan, kuat tarik dan sifat retak semen pemboran.

METODE

Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian merupakan penelitian pengujian yang dilakukan di Laboratorium Sekolah Tinggi Teknologi Migas Balikpapan. Penelitian pengamatan, pengujian dan analisa dilakukan selama tiga bulan mulai bulan September sampai dengan bulan Nopember 2025. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh aditif yang berasal dari CMC bonggol pisang terhadap kekuatan tekan (compressive strength) pada semen pemboran.

Prosedur Penelitian

1) Menimbang komposisi bahan antara semen, serbuk bonggol dan air sesuai standar API; 2) Mencampurkan semen dengan serbuk bonggol pada kondisi kering; 3) Memasukkan air di dalam gelas pencampur lalu mendudukkan tempat pada mixer kemudian memasukkan bahan-bahan yang digunakan menggunakan Cement Speed Mixer dengan kecepatan 400 rpm lalu memasukkan campuran semen kedalamnya dan tunggu sekitar 10-15 menit; 4) Mengoleskan pelumas pada cetakan, sebagai film agar semen tidak melengket; 5) Masukkan sampel suspense semen kedalam cetakan, tutup menggunakan plastic wrap dan aluminium foil, kemudian lakukan pendiaman menggunakan water bath dalam suhu konstan 60°C selama 24 jam.

Pengujian Compressive strength

1) Setelah didiamkan selama 24 jam, buka plastik pembungkus lalu lepaskan semen pada cetakan kubik; 2) Menghilangkan kotoran yang mengganggu proses penelitian dari permukaan sampel karena tidak menempel pada bearing block mesin penguji; 3) Melakukan pemeriksaan pada permukaan sampel untuk memastikan bahwa permukaan rata. Jika perlu, melakukan pemerataan permukaan menggunakan gerinda; 4) Menaruh sampel semen di bagian atas permukaan bearing block secara vertical. Pastikan sampel diletakkan ditengah permukaan bearing block; 5) Hidupkan motor pompa dan jangan melakukan pengaturan tambahan ketika proses pembebanan maksimum sedang dilakukan; 6) Tunggu hingga maksimum kekuatan sampel terhitung ketika terdapat tanda-tanda keretakan/sampel dalam kondisi retak; 7) Mencatat hasil dari pembebanan maksimum dan menghitung compressive strenth semen pemboran menggunakan persamaan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Compressive Strength

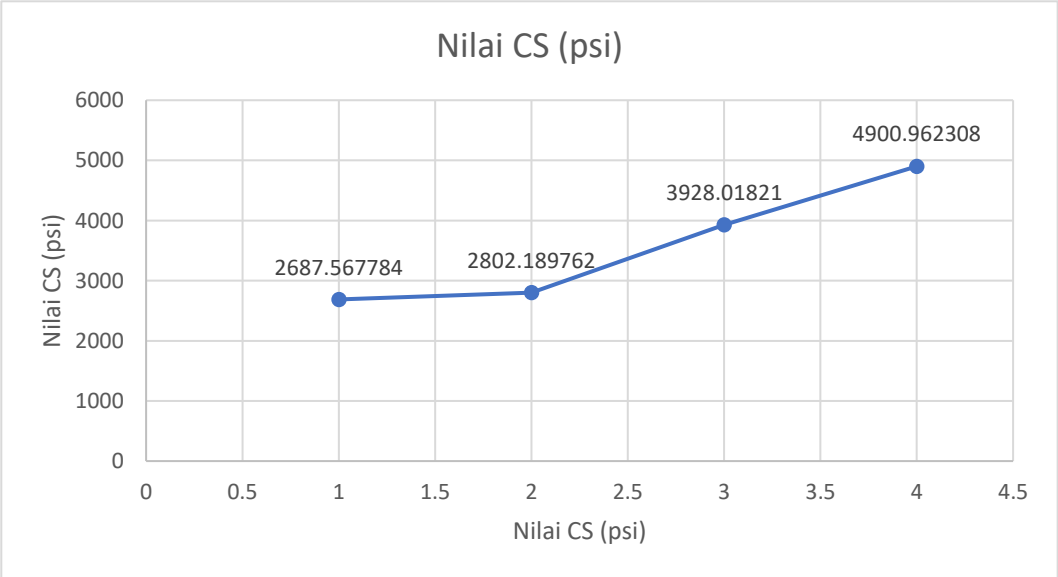
Berdasarkan hasil analisis data compressive strength terhadap semen pemboran kelas G dengan penambahan bahan additive Carboxymethyl Cellulose alami bubuk bonggol pisang dengan takaran konsentrasi bahan tambah 0.5%, 1.5%, dan 3% terhadap semen pemboran kelas G. Nilai kuat tekan (compressive strength) hasil uji kuat tekan benda uji dibandingkan dengan spesifikasi standar benda uji API 10 A dengan nilai kuat tekan minimal adalah 500 psi dan maksimal adalah 5.000 psi. Kekuatan yang lebih tinggi hingga 5000 psi atau lebih dapat dicapai jika menggunakan jenis semen khusus untuk sumur dalam dan bertekanan tinggi tanpa batas tekanan maksimal formal. Dalam praktiknya kekuatan tekan dapat mencapai >3000–5000 psi setelah semen didiamkan 24 jam dan dianggap maksimal untuk aplikasi standar. Hasil pengujian compressive strength (CS) terhadap benda uji speciment dengan bahan tambah carboxymethyl cellulose alami berbahan bubuk

e-ISSN: 2775 – 8672
p-ISSN: 2775 – 9482

bonggol pisang sebagaimana tersaji pada tabel 1 dan grafik berikut.

Tabel 1. Hasil Uji Compressive Strength Dengan Variasi Bahan Tambah

Konsentrasi Additive	Nilai CS (satuan psi)
Semen dasar (SD)	2687.567 psi
SD + 0.5% CMC Bubuk Bonggol Pisang	2802.189 psi
SD + 1.5% CMC Bubuk Bonggol Pisang	3928.018 psi
SD + 3% CMC Bubuk Bonggol Pisang	4900.962 psi



Gambar 1. Grafik Compressive strength

Pada pengujian Compressive Strenth, sebagaimana tersaji pada tabel 1 dan pada grafik 1 suspensi semen mengalami peningkatan strength. Berdasarkan data grafik, suspensi semen yang telah dilakukan perendaman pada water bath selama 24 jam tanpa penambahan adiktif menghasilkan nilai compressive strenth sebesar 2.687,56 psi. Dalam hal ini sudah memenuhi standar API, yaitu 500 psi. Kemudian ketika ditambahkan aditif bubuk bonggol pisang sebesar 0.5%, mengalami peningkatan compressive strength menjadi 2.802.18 psi. Kemudian pada suspensi semen yang ditambahkan aditif bubuk bonggol sebesar 1,5%, menunjukkan semakin meningkat menjadi 3.928,02 psi. Dan pada semen dengan kandungan bahan aditif bubuk bonggol pisang 3% mengalami peningkatan kuat tekan hingga mencapai 4.900,96 psi.

Pembahasan

Hasil analisis Penambahan Carboxymethyl Cellulose (CMC) yang di ekstraksi dari bubuk bonggol pisang menunjukkan pengaruh signifikan terhadap nilai pengujian compressive strenth pada semen pemboran portland kelas G. Berdasarkan hasil uji laboratorium yang dilakukan penulis, nilai compressive strenth mengalami perubahan nilai dari 2.687.567 psi pada sampel baseline yang berguna sebagai titik kontrol dari standar nilai compressive strenth pada penelitian ini yaitu semen dasar (SD) tanpa adanya tambahan CMC ataupun additive lain dengan kandungan 785 gram semen portland kelas G bubuk ditambahkan dengan 348 ml air dalam pengolahannya, menjadi 2.802.189 psi pada variasi konsentrasi 0.5% penambahan CMC bubuk bonggol pisang lalu uji maksimal variasi konsentrasi 1,5 % penambahan CMC bubuk bonggol pisang terlihat pada 3928.018 psi dan uji kekuatan sampel akhir dengan skala persentase additive 3% penambahan CMC bubuk bonggol pisang terlihat kekuatan maksimalnya 4.900.962 psi.

Pengaruh penambahan Carboxymethyl Cellulose (CMC) pada semen pemboran umumnya meningkatkan kuat tekan (compressive strength) dan kuat geser (shear bond strength), terutama pada konsentrasi tertentu karena sifatnya sebagai pengental dan penstabil yang memperbaiki struktur pasta semen, meskipun penelitian variasi konsentrasi menunjukkan hasil optimal berbeda tergantung sumber CMC batang pisang dan campuran semennya. Pengaruh CMC berbahan bubuk bonggol pisang pada kuat tekan semen terjadi karena bahan tersebut berfungsi sebagai pengental dan penstabil, CMC meningkatkan viskositas lumpur pemboran, membantu menahan partikel padat agar tidak mengendap dan memastikan campuran semen lebih homogen. CMC ini berfungsi juga meningkatkan ikatan struktur CMC yang hidrofilik dan anionik membantu menciptakan ikatan yang lebih baik dalam matriks semen yang mengeras. Selanjutnya konsentrasi CMC dari sumber alami (seperti batang pisang) antara 0,2% hingga 1,4% dapat meningkatkan kuat tekan semen

e-ISSN: 2775 – 8672
p-ISSN: 2775 – 9482

pemboran, dengan peningkatan paling signifikan pada konsentrasi tertentu sebelum menurun pada konsentrasi sangat tinggi.

Konsentrasi optimal dalam peningkatan kuat tekan tidak terjadi secara linear tanpa batas; ada konsentrasi optimal, dan penambahan berlebih bisa menurunkan performa. Sumber CMC berpengaruh terhadap kualitas dan jenis CMC seperti kulit durian atau batang pisang yang dapat mempengaruhi hasil akhirnya karena perbedaan komposisi. Parameter lain pada CMC juga mempengaruhi parameter lain seperti waktu pengentalan (thickening time) dan kehilangan filtrasi (filtration loss). CMC berbahan bubuk bonggol pisang adalah aditif yang bermanfaat untuk meningkatkan kuat tekan semen pemboran, tetapi efektivitasnya sangat bergantung pada konsentrasi penggunaan dan karakteristik spesifik dari bahan sumber CMC yang digunakan dalam formulasi lumpur pemboran.

KESIMPULAN

Dari latar belakang masalah, uraian metode penelitian, hasil penelitian dan pembahasan diatas hasil penelitian dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut: 1) Penambahan CMC bubuk bonggol pisang 0,5% dengan bahan semen dasar menghasilkan kuat tekan 2.802,189 psi; 2) Pemberian dosis bahan tambah CMC bubuk bonggol pisang 1,5% dengan bahan semen dasar menghasilkan kuat tekan semen 3.928,018 psi; 3) Penambahan CMC berbahan bubuk bonggol pisang dengan bahan semen dasar (SD) dan 3% CMC bubuk bonggol pisang menghasilkan nilai compressive strength 4900.962 psi.

DAFTAR REFERENSI

Agusman, A. R. (tanpa tahun). *Kajian dampak kontaminasi terhadap karakteristik reologi lumpur berbasis air di wilayah Sunyu.*

Ayu N, F. (2014). *Dampak durasi dan konsentrasi larutan pemasakan dalam pemanfaatan pelepah batang pisang sebagai bahan baku alternatif untuk produksi pulp melalui metode soda.* Politeknik Negeri Sriwijaya.

BR Ginting, S. (2016). *Evaluasi performa digester dalam proses pulping pelepah pisang dengan metode soda.* Universitas Diponegoro.

Fuller, G. A., Mercado, S., & Mead, C. (2016). Pendekatan teknik untuk menangani tantangan semen remedial di dalam air. *Konferensi dan Eksposisi Pemboran IADC/SPE.*

Rahmanto, A. E. (2011). *Analisis pengaruh kekuatan tekan semen pemboran kelas G dengan penggunaan aditif CFR-2 dan lignosulfat terhadap variasi durasi dan suhu.*

Rubiandini, R. (2010). *Konsep umum semen dan proses penyemenan.*

Rubiandini, R. (2012). *Teknik operasi pemboran jilid 1.* Institut Teknologi Bandung.

Sekolah Tinggi Teknologi Migas Balikpapan. (2024). *Pedoman penulisan karya ilmiah, tugas akhir, dan pengabdian kepada masyarakat.* STT Migas Balikpapan.

Supiansyah. (2015). *Pengaruh variasi volume matriks recycled polypropylene (RPP) terhadap properti mekanik komposit serat batang pisang.* Politeknik Negeri Sriwijaya.

Wijaya, S. M., Pitaloka, A. B., & Saputra, A. H. (2014). Sintesis dan analisis karboksimetil selulosa (CMC) dari selulosa eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) menggunakan media reaksi isopropanol–etanol. *Konferensi Internasional tentang Material Maju dan Nanoteknologi Praktis (ICAMPN).*

Woro Hastuti, F., & Indriana, K. (2015). *Sintesis karboksimetil selulosa (CMC) dari batang pohon pisang (Musa acuminata) melalui proses alkalinisasi dan karboksimetilasi.* Universitas Sebelas Maret.