Terbit *online* pada laman web jurnal :

https://ejournal.sttp-yds.ac.id/index.php/js/index

SAINSTEK

| ISSN (Print) 2337-6910 | ISSN (Online) 2460-1039 |

Pengujian Eksperimental Pemanfaatan Lumpur CPO pada Kekuatan Tekan Beton

Saharuddin Nasution[a], *Ahmad Hamidi**[b], *Neri Puspita Sari*[c], *Beny Setiawan*[d]

[a,b,c] *Program Studi Teknik Sipil, Sekolah Tinggi Teknologi Pekanbaru, Jl. Digantara No. 4 Pekanbaru, Indonesia*
[d] *Program Studi Teknik Sipil, Universitas Pahlawan Tuanku Tambusai, Jl. Tuanku Tambusai No. 23 Bangkinang, Indonesia*
Coressponding author : ahmadhamidi@sttp-yds.ac.id

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:
Diterima Redaksi: 26 Mei 2025
Revisi Akhir: 09 Juni 2025
Diterbitkan *Online*: 29 Juni 2025

KATA KUNCI

Beton, Bangunan, Lumpur CPO, Kekuatan Bahan.

KORESPONDENSI

Telepon: "+62812-7642-8987"

E-mail: ahmadhamidi@sttp-yds.ac.id

ABSTRACT

Kebutuhan akan bangunan membuat beton bertulang menjadi material yang paling banyak digunakan karena memiliki kekuatan tekan yang baik, khususnya setelah dipadukan dengan tulangan baja. Tingginya Penggunaan beton dalam konstruksi diharapkan melibatkan penggunaan material ramah lingkungan untuk mengurangi limbah yang dihasilkan. Salah satu bahan yang dapat dimanfaatkan adalah limbah lumpur dari produksi *Crude Palm Oil*(CPO) yang hingga kini belum dimanfaatkan secara optimal. Berdasarkan beberapa penelitian, penggunaan lumpur CPO dalam campuran beton dapat meningkatkan nilai kekuatan tekan yang dihasilkan. Lumpur yang digunakan adalah yang tertahan pada ayakan nomor 100 dan 200 setelah proses pembakaran serta pra-pengolahan. Pengujian dilakukan dengan variasi penggunaan lumpur sebesar 0%, 0,5%, 1%, 1,5% dan 2% dari berat semen. Variasi penggunaan lumpur optimal adalah 1,5% dengan nilai kekuatan tekan pada usia 14 hari sebesar 28,01 MPa dan pada usia 28 hari sebesar 31,83MPa.

1. PENDAHULUAN

Beton merupakan bahan utama dalam bidang konstruksi karena keunggulannya dibandingkan kayu, baja, atau bahan bangunan lainnya. Hal ini menyebabkan beton banyak digunakan dalam konstruksi gedung, jalan raya, bandar udara, pelabuhan, pengelolaan air, terowongan, konstruksi lepas pantai, dan sebagainya. Dalam pembangunan, diperlukan beton berkualitas tinggi dengan kekuatan tekan tinggi agar dari sudut pandang teknik sipil beton tersebut memiliki nilai ekonomis.

Kekuatan tekan beton dipengaruhi oleh kualitas agregat dan pasta semen yang digunakan dalam campuran beton. Selain karakteristik agregat dan pasta semen, kekuatan tekan juga dipengaruhi oleh penggunaan bahan tambahan (aditif) dalam beton. Secara historis, penggunaan aditif beton hampir sama tuanya dengan penggunaan beton itu sendiri. Aditif beton adalah bahan tambahan selain elemen dasar beton (air, semen, dan agregat) yang ditambahkan ke dalam campuran beton sebelum, selamam atau setelah proses pencampuran.

Penggunaan aditif alami tertentu dalam campuran beton dapat meningkatkan sifat mekanik atau kualitas beton [1]. Penggunaan bahan aditif juga dapat mengurangi porositas beton sehingga mempercepat proses pengerasan [2]. Selain itu, aditif berbasis mineral dapat meningkatkan kualitas beton dan mengurangi penyerapan air [3]. Pemanfaatan limbah mineral dalam beton dapat mengurangi penggunaan semen sehingga limbah tersebut menjadi bernilai ekonomis [4]. Dengan demikian, pemanfaatan beberapa jenis limbah dalam campuran beton dapat menggantikan sebagian material penyusun beton dan meningkatkan kualitas beton [5].

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Material Beton

Agregat merupakan material granular seperti pasir, kerikil, batu pecah, atau slag dari industri besi, yang digunakan

https://doi.org/10.35583/js.v13i1.325
Attribution-NonCommercial 4.0 International. Some rights reserved

bersama bahan pengikat untuk membentuk beton. Kandungan agregat dalam campuran beton berkisar antara 60-70% dari berat total.

2.1.1. Pasir

Pasir alam berasal dari pelapukan batuan secara alami atau hasil penghancuran batu dengan ukuran maksimum 4,7mm. Berdasarkan sumbernya, pasir dibedakan menjadi pasir galian (berbutir tajam, pori-pori banyak, bebas garam), pasir sungai (butiran lebih bulat karena proses abrasi), dan pasir laut (berbutir halus, bulat, dan mengandung garam).

2.1.2.Kerikil

Agregat kasar berupa kerikil atau batu pecah memiliki ukuran antara 5-40mm. Berdasarkan massa jenisnya, agregat dibagi menjadi ringan (<2,0), normal (2,5-2,7) dan berat (>2,8). Syarat agregat kasar yang baik menurut SK SNI T-15-1991-03 adalah:

a. Tidak mengandung bagian yang hancur lebih dari % (melewati saringan 2mm);
b. Modul halus antara 6,0-7,1;
c. Kandungan lumpur tidak melebihi 5%;
d. Butiran pipih dan lonjong maksimal 20% untuk beton mutu tinggi;
e. Tidak reaktif terhadap alkali.

2.1.3. Semen

Semen adalah bahan yang aktif secara kimia setelah kontak dengan air, dan berfungsi membentuk pasta semen sebagai perekat agregat.

2.1.4. Air

Air diperlukan untuk reaksi hidrasi semen dan sebagai pelumas dalam adukan beton. Jumlah air yang berlebihan dapat menurunkan kekuatan beton. Air yang baik adalah air yang dapat diminum atau telah melalui proses tertenu [6]. Air juga harus memenuhi ketentuan SNI 03-2847-2002, seperti tidak mengandung lumpur >2g/l, garam berbahaya >15g/l, klorida >0,5g/l, dan sulfat >1g/l [6], [7].

2.2. Lumpur CPO dan Limbah Material

Diperkirakan bahwa produksi limbah cair pabrik kelapa sawit seperti *Palm oil Mill Effluent* (POME) pada tahun 2004 mencapai 32.257-37.633 juta ton [8]. Lumpur sawit adalah limbah padat hasil proses pengolahan Tandan Buah Segar (TBS) yang diolah melalui sistem dekanter. Lumpur berasal dari proses klarifikasi dan pengolahan limbah cair. Kandungan kimia limbah lumpur CPO meliputi abu (240kg/ton), nitrogen (27,03kg/ton), fosfor (2,54kg/ton), kalium (15,5kg/ton), kalsium (14,2kg/ton), dan magnesium (7,36kg/ton) [8].

Gambar 1. Lumpur CPO

Lumpur ini dapat dimanfaatkan dalam campuran beton karena mengandung serat dan bahan organik yang telah terbakar dan diproses menjadi aditif. Selain itu, analisis laboratorium menunjukkan bahwa lumpur sawit mengandung bahan organik seperti protein kasar (12,63%), serat kasar (9,98%), lemak kasar (7,12%), hemiselulosa (5,25%), dan selulosa (26,35%) dengan energi 3454 kkal/kg [9].

2.3. Kekuatan Tekan Beton

Kekuatan tekan beton (f'c) diukur dalam satuan MPa dan diperoleh melalui pengujian spesimen silinder (diameter 150mm, tinggi 300mm) sesuai standar ASTM C39-86 dan SNI 03-1974-1990. Nilai kekuatan tekan dihitung dengan rumus:

$$f'c = \frac{P}{A} \quad \text{.....(1)}$$

Dengan:

f'c = kekuatan tekan (kg/cm^2)
P = beban maksimum (kg)
A = luas penampang (cm^2)

Benda uji dinyatakan memenuhi persyaratan mutu kekuatan tekan beton apabila nilai kekuatan tekan yang dihasilkan lebih besar dari nilai rencana. Faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan beton terdiri dari empat hal, yaitu kualitas masing-masing material, metode pembuatan (desain campuran dan pengecoran), metode perawatan (*curing*), serta kondisi saat pengujian.

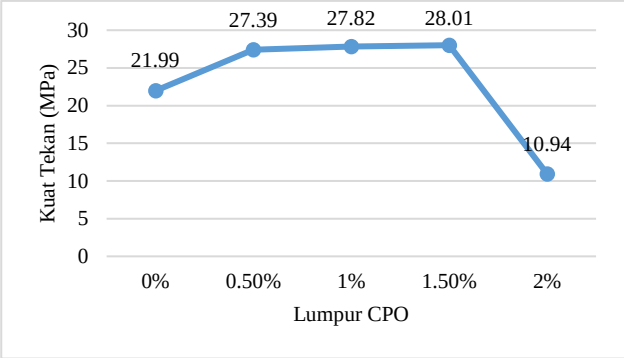
3. METODOLOGI

Mutu beton yang direncanakan adalah f'c 18,7 MPa dengan agregat kasar berupa batu pecah (nilai abrasi 19,96). Lumpur CPO digunakan sebanyak 0%, 0,5%, 1%, 1,5%, dan 2% dari berat semen. Setiap Variasi diuji dengan 3 spesimen, menghasilkan total 30 benda uji silinder. Beton dicetak, kemudian direndam selama 14 dan 28 hari dan dikeringkan selama 24 jam sebelum dilakukan sebelum diuji kekuatan tekannya.

https://doi.org/10.35583/js.v13i1.325

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

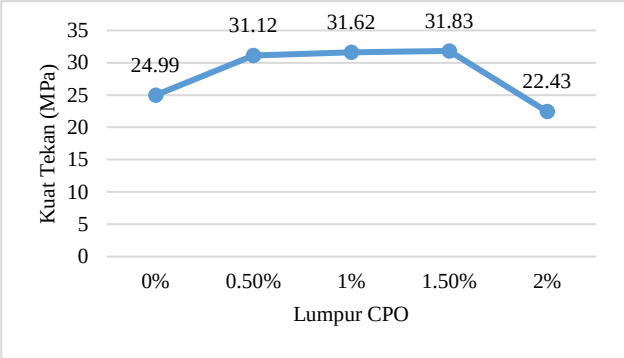
Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 14 hari dan 28 hari sejak pembuatan benda uji. Hsail pengujian ditunjukkan pada grafik berikut:



Gambar 2. Grafik Kuat Tekan Benda Uji Umur 14 Hari

Berdasarkan grafik di atas, menunjukkan hubungan antara persentase penambahan lumpur CPO terhadap kuat tekan beton pada umur 14 hari. Benda uji tanpa penambahan lumpur CPO (0%) menghasilkan kuat tekan sebesar 21,99 MPa. Benda uji variasi penambahan lumpur CPO 0,5% terjadi peningkatan kuat tekan 27,39 MPa (peningkatan ±24,5%). Pada variasi 1% kuat tekan kembali meningkat menjadi 27,82 MPa, dan mencapai titik tertinggi pada variasi 1,5% dengan nilai 28,01 MPa.

Namun, pada variasi 2% terjadi penurunan drastis kekuatan tekan menjadi hanya 10,94 MPa, yang berarti penurunan sebesar lebih dari 50% dibandingkan puncak nilai sebelumnya.



Gambar 3. Grafik Kuat Tekan Benda Uji Umur 28 Hari

Penambahan lumpur CPO dalam campuran beton pada umur 28 hari terbukti meningkatkan kekuatan tekan secara signifikan hingga variasi 1,5%. Nilai kekuatan tekna maksimum di capai pada variasi tersebut, yaitu 31,83 MPa. Namun, penambahan melebihi 1,5% menyebabkan penurunan kualitas beton, sebagaimana terlihat dari menurunnya kuat tekan pada variasi 2% sebesar 22,43 MPa.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan pada umur 14 hari dan 28 hari, dapat disimpulkan bahwa penambahan lumpur CPO sebagai bahan tambah dalam campuran beton memberikan pengaruh positif terhadap peningkatan kekuatan tekan hingga batas optimal sebesar 1,5% dari berat semen. Pada umur 14 hari, kuat tekan tertinggi dicapai pada variasi 1,5% dengan nilai 28,01 MPa, sedangkan pada umur 28 hari mencapai 31,83 MPa. Namun demikian, penambahan lumpur CPO melebihi 1,5% justru menurunkan kekuatan tekan secara signifikan, sebagai mana terlihat pada penurunan drastis nilai kuat tekan pada variasi 2%. Oleh karena itu, lumpur CPO memiliki potensi sebagai bahan tambah ramah lingkungan dalam campuran beton, dengan batas penggunaan optimal tidak lebih dari 1,5% dari berat semen.

DAFTAR PUSTAKA

[1] R. R. Gallegos-Villela et al.. “Effect of Natural Additives on Concrete Machanical Properties”. *Cogent Eng.*, Vol. 08, No. 1, 2021, doi: 10.1080/23311916.2020.1870790.

[2] J. Setina, A. Gabrene, and I. Juhnevica. “Effect of Pozzolanic Additives on Structure and Chemical Curability of Concrete”. *Procedia Eng.*, Vol. 57, pp. 1005-1012, 2013.

[3] D. Nagrockien ė et al., “Properties of concrete modified with mineral additives”. *Constr. Build. Mater*, Vol. 135, pp. 37–42, 2017.

[4] D. Tavakoli et al., “Use of Waste Materials in Concrete: A Review”. *Pertanika J. Sci. Technol*, Vol. 26, No. 2, pp. 499–522, 2018.

[5] N. K. Vasoya and H. R. Varia, “Utilization of Various Waste Materials in Concrete: A Literature Review”. *Int. J. Eng. Res.*, Vol. 4, No. 4, pp. 1122–1126, 2015.

[6] Badan Standardisasi Nasional, *SNI 7974:2013 Spesifikasi air pencampur yang digunakan dalam produksi beton semen hidraulis*, 2013.

[7] S. A. Chini and W. J. Mbwambo, “Environmentally friendly solutions for the disposal of concrete wash water from ready mixed concrete operations”. *Beijing Int. Conference*, pp. 21–24, 2000.

[8] I. Arumsari, “Uji Pendahuluan Pemanfaatan Limbah Sludge CPO (Crude Palm Oil) sebagai

https://doi.org/10.35583/js.v13i1.325

Bahan Baku RDF (Refused Derived Fuel)". *J. Teknologi*, Vol. 15, pp. 81–90, 2010.

[9] B. N. Utomo and E. Widjaja, "Limbah padat pengolahan minyak kelapa sawit sebagai sumber nutrisi ternak ruminansia". *J. Litbang Pertan.*, Vol. 23, No. 1, pp. 22–28, 2004.

https://doi.org/10.35583/js.v13i1.325