

JURNAL REKAYASA

TEKNIK SIPIL STTC

PERENCANAAN PENGENDALIAN GENANGAN AIR JALAN DR CIPTO MANGUNKUSUMO KOTA CIREBON

Deni Iqbal Rivai¹, Nono Carsono², Lia Amaliah³ 6

ANALISIS ANGKA KEBUTUHAN NYATA OPERASI DAN PEMELIHARAAN PADA DAERAH IRIGASI CANGKUANG

Rifqi Hawarii¹, Sonie Apriyanto², Elgri Yugawati Wisesa³, Rama Hardiansyah⁴ 17

PERENCANAAN TEKNIS PEMELIHARAAN JEMBATAN GANTUNG CIHOE KECAMATAN CILEDUG KABUPATEN CIREBON

Rizky Agung Wibowo¹, Dertawan Widagdo², Dennis Bintang Nugroho³ 24

ANALISA WAKTU DAN BIAYA OPERASIONAL ALAT BERAT PADA PROYEK NORMALISASI SUNGAI SOKA PLUMBON

Rizky Ramadhan¹, Asep Saefudin², Nandang Susanto³ 28

ANALISIS DAMPAK PERUBAHAN IKLIM TERHADAP POTENSI BANJIR DI SUNGAI CIBERES KABUPATEN CIREBON

Kayla Nazwa Nuzqiana¹, Adam Safitri², Arif Hanif Hidayat³ 34

PERBANDINGAN NILAI KUAT TEKAN BETON DENGAN MENGGUNAKAN AIR BERSIH DAN AIR LIMBAH BATU ALAM DARI SUNGAI CIGAYAM (BETON F'c 25)

M. Sibghatullah¹, Edi Rohadi², Dedi Hermawan³, Iwan Purnama⁴ 48



KATA PENGANTAR

Jurnal Rekayasa | Teknik Sipil STTC adalah jurnal yang diperuntukan bagi mahasiswa dan dosen program studi teknik sipil dalam menyebarkan ilmu pengetahuan melalui penelitian dan pengabdian dengan ruang lingkup penelitian dan pengabdian mengenai ilmu teknik sipil diantaranya bidang keilmuan struktur bangunan, geoteknik, manajemen konstruksi, hidrologi, dan transportasi.

Jurnal Rekayasa | Teknik Sipil STTC menyambut baik kontribusi yang mempromosikan pertukaran ide. dan wacana rasional antara pendidik, praktisi dan peneliti teknik sipil.

Hasil kajian dan penelitian dalam Jurnal ini didedikasikan untuk memajukan batas pengetahuan dan teknologi dengan mendorong penelitian lintas disiplin dan aplikasi inovatif dalam proyek-proyek rekayasa teknik sipil. Semoga hasil kajian dan penelitian pada **Jurnal Rekayasa | Teknik Sipil STTC** Volume 03 No. 02 Oktober 2025 ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan khususnya pada keilmuan teknik sipil.

Hormat Saya,
Ketua Editor

Ir. Dedi Hermawan, S.T., M.Sc., IPM.

TIM PENGELOLA

Penanggung Jawab

Ketua Program Studi Teknik Sipil | Sekolah Tinggi Teknologi Cirebon, Indonesia

Sekretaris

Ir. Dertawan Widagdo, S.T., M.T., IPM | Sekolah Tinggi Teknologi Cirebon.

Ketua Editor

Ir. Dedi Hermawan, S.T., M.Sc., IPM | Sekolah Tinggi Teknologi Cirebon.

Editor

Lia Amaliah, S.T., M.Si. | Sekolah Tinggi Teknologi Cirebon.

H. Edi Rohadi, S.T., M.T. | Sekolah Tinggi Teknologi Cirebon.

Neti Nuryati, SPd., M.P.Mat. | Sekolah Tinggi Sains Islam Bina Cendekia Utama Cirebon

Ir. H. Sumarman, M.T. | Universitas Swadaya Gunung Jati Cirebon

Managing Editor

Nono Carsono, ST, MT | Sekolah Tinggi Teknologi Cirebon.

IT Manager

R. Radian Baratasena, S.Kom., M.Kom | Sekolah Tinggi Ilmu Komputer POLTEK Cirebon

Jurnal Rekayasa | Teknik Sipil STTC

© Redaksi Jurnal Rekayasa | Teknik Sipil STTC

Program Studi Teknik Sipil Sekolah Tinggi Teknologi Cirebon

Gd.Lt.1 Jl.Evakuasi No.11, Cirebon 45135

Telp. (0231) 482196 - 482616 Fax. (0231) 482196 E-mail jurnaltekniksipil@sttcirebon.ac.id

website : <http://ejournal.sttcirebon.ac.id/Jts>

MITRA BESTARI

Dr. Iwan Purnama, S.T., M.T. | Prodi Arsitektur | Sekolah Tinggi Teknologi Cirebon.

Dr. Adam Safitri, S.T., M.T. | Prodi Teknik Sipil | Sekolah Tinggi Teknologi Cirebon.

Eka Widiyananto, S.T., M.T. | Prodi Arsitektur | Sekolah Tinggi Teknologi Cirebon.

Nurhidayah, S.T., M.Ars. | Prodi Arsitektur | Sekolah Tinggi Teknologi Cirebon.

Dr. Ir. Atie Tri Juniati, M.T. | Prodi Teknik Sipil | Universitas Pancasila Jakarta.

Dr. Ir., Martinus Agus Sugiyanto, M.T. | Prodi Teknik Sipil | Universitas Gunung Jati Cirebon.

Dr. Jimat Susilo, S.Pd., M.Pd. | Prodi Pendidikan Bahasa dan Sastra Indonesia | Universitas Gunung Jati Cirebon.

Abdul Khamid, S.T., M.T. | Prodi Teknik Sipil | Universitas Muhadi Setiabudi Brebes.

Agung Biantoro, S.T., M.T. | Prodi Teknik Mesin | Universitas Mercu Buana Jakarta.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	2
TIM PENGELOLA	3
MITRA BESTARI	4
DAFTAR ISI.....	5
PERENCANAAN PENGENDALIAN GENANGAN AIR JALAN DR CIPTO MANGUNKUSUMO KOTA CIREBON <i>Deni Iqbal Rivai¹, Nono Carsono², Lia Amaliah³</i>	6
ANALISIS ANGKA KEBUTUHAN NYATA OPERASI DAN PEMELIHARAAN PADA DAERAH IRIGASI CANGKUANG <i>Rifqi Hawarii¹, Sonie Apriyanto², Elgri Yugawati Wisesa³, Rama Hardiansyah⁴</i>	17
PERENCANAAN TEKNIS PEMELIHARAAN JEMBATAN GANTUNG CIHOE KECAMATAN CILEDUG KABUPATEN CIREBON <i>Rizky Agung Wibowo¹, Dertawan Widagdo², Dennis Bintang Nugroho³</i>	24
ANALISA WAKTU DAN BIAYA OPERASIONAL ALAT BERAT PADA PROYEK NORMALISASI SUNGAI SOKA PLUMBON <i>Rizky Ramadhan¹, Asep Saefudin², Nandang Susanto³</i>	28
ANALISIS DAMPAK PERUBAHAN IKLIM TERHADAP POTENSI BANJIR DI SUNGAI CIBERES KABUPATEN CIREBON <i>Kayla Nazwa Nuzqiana¹, Adam Safitri², Arif Hanif Hidayat³</i>	34
PERBANDINGAN NILAI KUAT TEKAN BETON DENGAN MENGGUNAKAN AIR BERSIH DAN AIR LIMBAH BATU ALAM DARI SUNGAI CIGAYAM (BETON F_c 25) <i>M. Sibghatullah¹, Edi Rohadi², Dedi Hermawan³, Iwan Purnama⁴</i>	48

PERBANDINGAN NILAI KUAT TEKAN BETON DENGAN MENGGUNAKAN AIR BERSIH DAN AIR LIMBAH BATU ALAM DARI SUNGAI CIGAYAM (BETON F'c 25)

Muhammad Sibghatullah¹, Edi Rohadi², Dedi Hermawan³, Iwan Purnama⁴

Program Studi Teknik Sipil – Sekolah Tinggi Teknologi Cirebon

sibghatullahm78@gmail.com¹, eedirohadi@yahoo.com², dedi2268@yahoo.com³,
purnama.ione@gmail.com⁴

ABSTRAK

Air merupakan komponen penting dalam pembuatan beton karena berperan langsung dalam proses pencampuran dan reaksi kimia hidrasi semen. Namun, ketersediaan air bersih yang terbatas di beberapa wilayah mendorong pencarian alternatif lain, salah satunya adalah penggunaan air limbah dari industri lokal. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan air limbah dari industri batu alam terhadap kuat tekan beton mutu F'c 25, dengan studi kasus di Sungai Cigayam, Kabupaten Cirebon yang banyak memiliki usaha pemotongan batu alam. Penelitian dilakukan secara eksperimental di laboratorium P.T Pioneer Beton Industrie dengan membuat benda uji beton berbentuk silinder yang menggunakan dua jenis air pencampur: air bersih sebagai kontrol dan air limbah batu alam sebagai perlakuan. Pengujian kuat tekan dilakukan pada usia 7, 14, dan 28 hari untuk melihat perkembangan kekuatan beton seiring waktu. Hasilnya menunjukkan bahwa penggunaan air limbah berdampak pada penurunan kuat tekan beton dibandingkan dengan beton yang menggunakan air bersih. Penurunan ini diduga berkaitan dengan adanya partikel halus, lumpur, serta kandungan kimia dalam air limbah yang mengganggu proses ikatan semen dan agregat. Meski begitu, pada beberapa sampel, hasil kuat tekan masih berada dalam kisaran standar minimum untuk mutu beton f'c 25. Penelitian ini menunjukkan bahwa air limbah batu alam berpotensi digunakan sebagai air campuran beton, terutama untuk kebutuhan konstruksi non-struktural atau skala kecil, asalkan dilakukan pengujian sebelumnya. Penggunaan air limbah juga dapat menjadi solusi yang ramah lingkungan untuk mengurangi ketergantungan terhadap air bersih, selama kualitas air tersebut tetap diawasi. Penelitian ini merekomendasikan perlunya uji lanjutan, khususnya terhadap kandungan kimia dalam air limbah serta dampaknya terhadap sifat-sifat beton lainnya seperti durabilitas dan ketahanan jangka panjang.

Kata Kunci : Air Limbah Batu Alam, Kuat Tekan Beton, Mutu Beton F'c 25.

ABSTRACT

Water is a crucial component in concrete production as it plays a direct role in both the mixing process and the chemical hydration reaction of cement. However, the limited availability of clean water in certain regions has prompted the search for alternative sources, one of which is wastewater from local industries. This study aims to investigate the effect of using wastewater from the natural stone industry on the compressive strength of F'c 25 grade concrete, with a case study at the Cigayam River in Cirebon Regency, an area known for its natural stone cutting businesses. The research was conducted experimentally at the laboratory of P.T Pioneer Beton Industrie by producing cylindrical concrete specimens using two types of mixing water: clean water as the control and natural stone wastewater as the treatment. Compressive strength tests were performed at 7, 14, and 28 days to observe the strength development of the concrete over time. The results showed that the use of wastewater led to a decrease in concrete compressive strength compared to concrete mixed with clean water. This decline is suspected to be due to the presence of fine particles, silt, and chemical content in the wastewater, which interfere with the bonding process between cement and aggregates. Nevertheless, some samples still met the minimum standard for f'c 25 concrete grade. This study indicates that natural stone wastewater has potential as mixing water for concrete, especially for non-structural or small-scale construction projects, provided that prior testing is conducted. The use of wastewater may also serve as an environmentally friendly solution to reduce dependency on clean water, as long as its quality is properly monitored. This research recommends further testing, particularly regarding the chemical content in wastewater and its impact on other properties of concrete, such as durability and long-term performance.

Keywords: Natural Stone Wastewater, Strong Concrete Pressure, Concrete Quality F'c 25.

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beton merupakan salah satu material konstruksi yang paling banyak digunakan dalam pembangunan infrastruktur. Kualitas beton sangat dipengaruhi oleh komposisi material penyusunnya, seperti semen, agregat halus, agregat kasar, dan air. Di antara bahan-bahan tersebut, air berperan penting dalam proses hidrasi semen dan pengikatan antar partikel agregat. Namun, dalam praktik di lapangan, penggunaan air bersih sebagai bahan pencampur beton kerap menimbulkan permasalahan, terutama pada daerah dengan ketersediaan air terbatas. Oleh karena itu, dibutuhkan alternatif penggunaan air non-konvensional yang tetap dapat menjaga atau bahkan meningkatkan mutu beton. Salah satu alternatif tersebut adalah memanfaatkan air limbah dari industri, salah satunya limbah air dari proses pemotongan dan pengolahan batu alam. Air limbah batu alam biasanya mengandung partikel halus mineral dan senyawa lain yang mungkin berpengaruh terhadap kinerja beton, baik secara positif maupun negatif. Pada penelitian kali ini akan dilakukan pengujian kuat tekan beton menggunakan air limbah batu alam yang berasal dari sungai cigayam di kecamatan dukupuntang dengan sampel beton mutu $f'c$ 25.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh penggunaan air limbah terhadap kuat tekan beton mutu $f'c$ 25?
2. Berapa besar perbandingan kuat tekan beton normal $f'c$ 25 yang menggunakan air baku dengan kuat tekan beton $f'c$ 25 yang menggunakan air limbah batu alam? Apakah air limbah batu alam dari sungai cigayam dapat digunakan sebagai air campuran pengganti air bersih?

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton

Beton adalah campuran antara semen, agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil/batu pecah), air, dan bahan tambah (admixture) jika diperlukan. Beton menjadi bahan konstruksi yang paling umum digunakan karena kekuatannya yang tinggi, kemudahan dalam pembentukan, serta biaya produksinya yang relatif rendah. Kualitas beton sangat dipengaruhi oleh bahan penyusunnya, khususnya proporsi campuran dan mutu air yang digunakan.

2.2 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan merupakan salah satu sifat mekanik utama beton yang menunjukkan seberapa besar kemampuan beton dalam menahan gaya tekan. Pengujian kuat tekan dilakukan dengan menggunakan benda uji silinder atau kubus yang ditekan hingga hancur. Nilai kuat tekan beton biasanya diuji pada umur 7, 14, dan 28 hari. Mutu

beton K-300 menunjukkan bahwa beton tersebut dirancang untuk mencapai kuat tekan sebesar 300 kg/cm² atau 30 MPa pada umur 28 hari.

2.3 Air dalam Pembuatan Beton

Air dalam pembuatan beton memiliki dua fungsi utama: membantu reaksi kimia hidrasi semen dan memberikan kelangsungan kerja (workability) selama pengecoran. Sumber air yang digunakan harus memenuhi syarat mutu agar tidak mengganggu proses ikatan semen dan pembentukan struktur beton. Menurut SNI 03-2834-2000, air untuk beton tidak boleh mengandung bahan yang dapat merusak atau menghambat ikatan semen, seperti minyak, asam, alkali, garam, atau bahan organik.

2.4 Limbah Air Batu Alam

Limbah air batu alam merupakan hasil buangan dari kegiatan pemotongan, penghalusan, dan pengolahan batu alam, seperti andesit dan granit. Limbah ini biasanya mengandung partikel halus, lumpur, serta kemungkinan kandungan senyawa kimia dari proses pemrosesan batu. Penggunaan limbah air ini sebagai substitusi air bersih dalam campuran beton merupakan salah satu alternatif pemanfaatan limbah industri yang ramah lingkungan, meskipun harus diteliti lebih lanjut dampaknya terhadap mutu beton.

2.5 Pemanfaatan Limbah Batu Alam Beton

Penggunaan Beberapa penelitian sebelumnya telah mengkaji potensi penggunaan air limbah untuk beton, terutama dalam skenario terbatas atau non-struktural. Hasilnya bervariasi tergantung pada jenis limbah, kandungan kimianya, serta proporsi penggunaannya. Umumnya, air limbah yang masih memenuhi batas tertentu dari standar air beton dapat digunakan tanpa mengganggu signifikan pada mutu beton, meskipun seringkali terjadi penurunan nilai kuat tekan.

2.6 Agregat

Perkolasi Silvia Sukirman (2017), agregat merupakan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lain, baik yang berasal dari alam maupun buatan yang berbentuk mineral padat berupa ukuran besar maupun kecil. Agregat terbagi atas 2 bagian yaitu:

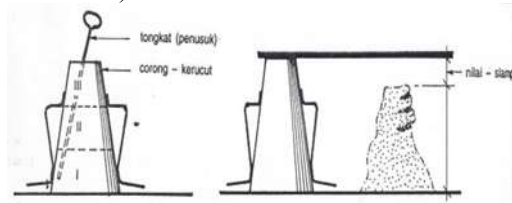
1. Agregat halus

Tri Mulyono (2014), agregat halus terdiri dari butiran-butiran 0,02-2 mm yang didapat dari disintegrasi batuan alam (*natural sand*) atau didapat dari memecahnya (*artificial sand*). Agregat halus merupakan agregat yang besarnya tidak lebih dari 5 mm sehingga pasir dapat berupa pasir alam atau berupa pasir dari pemecahan batu yang dihasilkan oleh pemecah batu.

2. Agregat Kasar
SNI 03-6820-2012 (2012), agregat kasar adalah agregat berupa pasir alam sebagai hasil disintegrasi batuan atau koral buatan yang dihasilkan oleh alat-alat pemecah batu dan mempunyai butiran lebih besar dari 4,76-5 mm.

2.7 Pengujian Slump Test

Sumber SK SNI T-15-191-03, pengujian *slump* dilakukan dengan menggunakan kerucut *Abrams*, pengujian dilakukan untuk mengetahui tingkat *workabilitas* (kemudahan dalam pengerjaan) dari campuran beton yang telah dibuat. Tabung kerucut *Abrams* bagian dalam dibasahi dengan air dan disiapkan di atas plat baja. Beton segar dimasukkan ke dalam tabung kerucut dan setiap 1/3 volumenya ditusuk-tusuk 25 kali dengan penumbuk baja sampai isi kerucut *Abrams* penuh. Beton diratakan permukaannya dan didiamkan selama 0,5 menit, selanjutnya corong kerucut diangkat pelan-pelan secara vertikal tanpa ada gaya horisontal. Tabung kerucut diletakkan di sebelahnya, pengukuran *slump* dilakukan dari bagian tertinggi beton segar sampai ujung atas kerucut *Abrams*. Nilai yang didapat merupakan nilai *slump*, penggambaran dari pengujian nilai *slump* pada Gambar 1.2, (SK SNI T-15-191-03).



Gambar 1. Pengukuran nilai slump

2.8 Pengujian Kuat Tekan Beton

(SNI 03-1994-2019), pengujian kuat tekan beton terdiri dari penggunaan beban aksial terhadap benda uji beton berbentuk silinder yang dicetak baik di laboratorium maupun di lapangan, pada laju pembebanan yang berada dalam batas yang ditentukan hingga terjadi kehancuran. Kuat tekan benda uji dihitung dengan membagi beban maksimum yang diterima selama pengujian dengan luas penampang benda uji. Uji tekan benda uji yang dirawat lembab harus dilakukan sesegara mungkin setelah pemindahan dari tempat pelembaban. Benda uji harus dipertahankan dalam kondisi lembab dengan cara yang dipilih selama periode antara pemindahan dari tempat pelembaban dan pengujian. Benda uji harus diuji dalam kondisi lembab pada temperatur ruang. Semua benda uji yang ditentukan harus diuji dalam toleransi waktu yang diizinkan seperti yang ditunjukkan tabel berikut:

Pembebanan dilakukan hingga benda uji hancur, untuk mendapatkan nilai kuat tekan yaitu dengan membagi beban maksimum yang diterima oleh benda uji selama pengujian dengan luas

penampang melintang rata yang ditentukan, dan hasilnya dinyatakan dengan nilai dibulatkan 1 (satu) desimal dengan satuan 0,1 MPa.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Prosedur Penelitian

Penelitian kali ini merupakan penelitian eksperimental yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan air limbah batu alam sebagai air pencampur terhadap kuat tekan beton mutu f'_c 25. Penelitian dilakukan di laboratorium dengan mengontrol variabel-variabel yang memengaruhi hasil.

3.2 Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Beton, Ready mix pioneer beton industri. Pengumpulan data dan pengujian berlangsung selama 3 bulan, mulai April 2025 hingga Juni 2025.

3.3 Analisa Trail Mix Design

Pada Rencana pembuatan mutu beton yang digunakan adalah mutu beton F'_c 25, dengan melakukan perhitungan perencanaan campuran menggunakan acuan normatif PBI yang berlandaskan SNI namun di lakukan sedikit modifikasi terhadap bahan penambah nya seperti *admixture* dan *Fly Ash*. Teknis perencanaan proporsi campuran beton untuk digunakan sebagai salah satu acuan bagi para perencana dan pelaksana dalam merencanakan proporsi campuran beton tanpa menggunakan bahan tambah untuk menghasilkan mutu beton sesuai dengan rencana.

Tabel 1. Analisa Trail Mix Design

Komponen	Nilai / Komposisi	Keterangan
Mutu Beton (f'_c)	25 MPa	Setara dengan K-300
Faktor Air Semen (FAS)	$\pm 0,5$	Untuk beton tanpa tambahan bahan kimia
Slump	75 – 100 mm	Untuk struktur umum
Ukuran Agregat Maks	20 mm	Umum digunakan untuk bangunan struktur
Berat jenis semen	3,15 g/cm ³	Tipe I (Portland)
Berat jenis agregat halus	$\pm 2,60 - 2,65$ g/cm ³	Pasir lokal
Berat jenis agregat kasar	$\pm 2,70$ g/cm ³	Split batu pecah
Berat jenis air	1,00 g/cm ³	Air bersih

3.4 Deskripsi Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder.

a. Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh dari hasil pengamatan langsung di lapangan seperti survey lokasi penelitian, dokumentasi, wawancara dengan instansi terkait

b. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh tidak secara langsung dari objek penelitian melainkan data yang sudah jadi. Ketersediaan data diperoleh dari PT. Pioneer Beton Industri.

3.5 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan sarana pokok untuk menemukan penyelesaian suatu masalah secara ilmiah. Dalam pengumpulan data, peranan instansi yang terkait sangat diperlukan sebagai pendukung dalam memperoleh data-data yang diperlukan. Untuk pengoperasian dan pemeliharaan Bendung Cisadap serta Jaringan Irigasinya, diperlukan sejumlah data yang didapat secara langsung yaitu dengan melakukan peninjauan ke lapangan ataupun data yang didapatkan dari instansi terkait, serta data penunjang lainnya dengan tujuan agar dapat menarik kesimpulan kondisi bendung serta jaringan irigasi dan permasalahan-permasalahan yang dihadapi.

3.6 Metode Pengolahan Data

Pengolahan data meliputi kegiatan pengakumulasian, pengelompokan jenis data, kemudian dilakukan dengan analisis. Proses pengolahan dan analisis data meliputi :

a. Analisis Pengujian kuat tekan beton F'c 25 Air Limbah dan Air Bersih

Analisis Pengujian dilakukan pada umur 7, 14, dan 28 hari dengan menggunakan Alat comprehension test machine (CTM).

Untuk melakukan pengujian ini, digunakan alat yang disebut CTM, singkatan dari Compression Testing Machine. Alat ini cukup besar dan kokoh, karena tugas utamanya adalah memberikan tekanan secara perlahan tapi terus meningkat hingga beton pecah. CTM biasanya terdiri dari: Pelat tekan di bagian atas dan bawah yang menjepit beton. Sistem hidrolik untuk mendorong tekanan. Panel kontrol, bisa manual atau digital, untuk mengatur dan membaca tekanan. Sensor beban, yang akan menunjukkan berapa besar gaya tekan maksimum yang berhasil ditahan oleh beton. Dengan kata lain, alat ini berfungsi “menekan” beton secara perlahan sampai ia tidak kuat lagi dan dari situ kita tahu seberapa kuat beton tersebut sebenarnya. Berikut proses umum pengujian beton menggunakan CTM:

1. Cek kondisi benda uji

Ukur diameter, tinggi, dan pastikan permukaannya rata. Jika miring atau retak, bisa memengaruhi hasil uji.

2. Tempatkan di CTM

Beton diletakkan secara tegak lurus di tengah pelat tekan. Harus benar-benar simetris agar tekanan merata.

3. Mulai tekan

CTM dihidupkan, lalu tekanan diberikan secara perlahan. Petugas akan terus memantau sampai beton menunjukkan tanda-tanda pecah.

4. Catat hasilnya

Saat beton pecah, angka beban maksimum langsung tercatat. Hasilnya biasanya dalam satuan MPa (Megapascal).

5. Dokumentasikan dan pembersihan

Setelah selesai, alat dibersihkan dari sisa-sisa beton pecah, dan hasil pengujian dicatat sebagai data resmi. Setelah semua data dikumpulkan, biasanya dilakukan penghitungan rata-rata dari beberapa benda uji. Dari sana, akan dibandingkan dengan kekuatan beton yang direncanakan. Misalnya, jika dalam proyek direncanakan menggunakan beton mutu K-250 (artinya kuat tekan minimal 250 kg/cm² atau sekitar 24,5 MPa), maka hasil uji harus mendekati atau melebihi angka tersebut. Jika ternyata hasilnya lebih rendah, bisa jadi perlu dilakukan evaluasi, perbaikan campuran beton, atau bahkan penggantian material.

3.7 Teknik Analisis Data

Analisis Data kuat tekan yang diperoleh akan diolah dengan metode statistik deskriptif dan dibandingkan terhadap nilai standar mutu beton F'c 25. Analisis juga dilakukan untuk melihat tren penurunan atau peningkatan kuat tekan terhadap persentase air limbah yang digunakan. Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini bertujuan untuk memperoleh pemahaman yang komprehensif mengenai pengaruh penggunaan air limbah dari industri batu alam terhadap kuat tekan beton mutu F'c 25. Data yang dianalisis merupakan hasil pengujian kuat tekan beton pada tiga kelompok umur yaitu 7, 14, dan 28 hari, yang mewakili fase awal, pertengahan, dan akhir dari proses perkembangan kekuatan beton.

Langkah pertama dalam analisis adalah melakukan pengolahan data secara statistik deskriptif, meliputi perhitungan nilai rata-rata (mean), standar deviasi, nilai maksimum, nilai minimum, serta rentang (range) dari hasil kuat tekan untuk masing-masing

kelompok perlakuan (air bersih dan air limbah). Statistik deskriptif ini berguna untuk memberikan gambaran awal mengenai distribusi dan kecenderungan data yang diperoleh, serta untuk mengidentifikasi kemungkinan adanya data pencilan (outlier) atau ketidakkonsistenan hasil uji. Setelah itu, hasil kuat tekan beton dari masing-masing kelompok akan dibandingkan dengan nilai standar mutu beton $F'c$ 25 sesuai dengan ketentuan yang ditetapkan oleh Standar Nasional Indonesia (SNI) sebagai acuan dalam menentukan apakah beton yang dihasilkan masih dalam batas kelayakan teknis. Perbandingan ini dilakukan untuk menilai apakah penggunaan air limbah batu alam masih dapat diterima dalam konteks standar mutu konstruksi di Indonesia. Selanjutnya, analisis dilakukan untuk mengidentifikasi pola perkembangan kuat tekan beton dari waktu ke waktu. Hal ini dilakukan dengan cara membandingkan hasil kuat tekan pada umur 7, 14, dan 28 hari baik untuk beton yang menggunakan air bersih maupun yang menggunakan air limbah. Data yang diperoleh akan ditampilkan dalam bentuk grafik linier atau batang guna memvisualisasikan tren peningkatan atau penurunan kekuatan beton. Visualisasi ini sangat penting untuk menunjukkan dinamika kekuatan beton seiring waktu dan bagaimana pengaruh kualitas air pencampur terhadap proses hidrasi semen.

Untuk memperkuat analisis, apabila memungkinkan berdasarkan jumlah sampel dan karakter data, akan dilakukan analisis statistik inferensial seperti uji-t dua sampel independen (independent samples t-test) atau uji ANOVA satu arah (One-Way ANOVA). Uji ini digunakan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik antara kelompok beton yang menggunakan air bersih dan kelompok yang menggunakan air limbah. Hasil dari analisis ini dapat memberikan landasan ilmiah yang lebih kuat terhadap interpretasi data yang telah diperoleh.

Tidak hanya itu, analisis lanjutan juga dapat mencakup evaluasi terhadap korelasi antara kandungan air limbah (seperti partikel halus, pH, atau kadar zat kimia tertentu) dengan penurunan kuat tekan yang terjadi. Analisis korelasi ini penting untuk mengidentifikasi faktor-faktor utama dalam air limbah yang secara potensial memberikan dampak negatif terhadap kualitas beton. Jika tersedia data kuantitatif dari uji kualitas air limbah, maka hubungan antara parameter air dan hasil kuat tekan dapat dieksplorasi secara lebih dalam menggunakan pendekatan regresi linier sederhana. Keseluruhan proses analisis ini ditujukan untuk menjawab rumusan masalah yang telah ditetapkan sebelumnya, serta untuk menguji hipotesis penelitian mengenai kelayakan penggunaan air limbah dalam pembuatan beton. Melalui pendekatan analitis yang menyeluruh dan sistematis, diharapkan hasil penelitian ini dapat

memberikan kontribusi nyata terhadap upaya efisiensi pemanfaatan sumber daya air dalam industri konstruksi serta mendukung pembangunan yang berkelanjutan dan ramah lingkungan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengolahan Data

Sebelum melakukan kegiatan pembuatan rencana campuran, pembuatan beton serta pengujian beton, terdapat beberapa pengujian pendahuluan untuk memastikan kondisi bahan penyusun beton, kemudian hasil dari pengujian material tersebut menjadi acuan untuk menyusun dan membuat rencana campuran beton dengan memperhatikan standar yang telah ditetapkan untuk tiap-tiap pengujian.

Pemeriksaan bahan, pembuatan rencana campuran, pembuatan benda uji, serta pengujian benda uji memiliki integrasi, sehingga dalam penggunaan standar teknis pekerjaan dan analisis perhitungan juga memiliki pedoman yang terintegrasi untuk dapat meminimalkan bias yang terjadi selama proses penelitian.

4.2 Perencanaan Adukan Beton

Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal digunakan sebagai salah satu acuan bagi para perencana dan pelaksana dalam merencanakan proporsi campuran beton tanpa menggunakan bahan tambah untuk menghasilkan mutu beton sesuai dengan rencana.

Dalam perencanaan campuran beton harus dipenuhi persyaratan sebagai berikut:

- Perhitungan perencanaan campuran beton harus didasarkan pada data sifat-sifat bahan yang akan dipergunakan dalam produksi beton;
- Susunan campuran beton yang diperoleh dari perencanaan ini harus dibuktikan melalui campuran coba yang menunjukkan bahwa proporsi tersebut dapat memenuhi kekuatan beton yang disyaratkan.

Hasil perhitungan dan analisa pada perencanaan campuran beton, Tabel 2. menunjukkan komposisi campuran beton untuk satu sample benda uji.

Tabel 2. Perencanaan Adukan Beton

Jumlah Benda Uji	Volume (m^3)	Semen (Kg)	Ag. Halus (Kg)	Ag. Kasar (Kg)	Air (Kg)
1	0,006	1,93	2,48	8,55	0,90
5	0,029	9,63	12,41	42,73	4,51
10	0,058	19,26	24,81	85,45	9,03

Sumber : Hasil perhitungan dan analisis

4.3 Pengujian Beton Keras

(SNI 1974:2011), penggunaan beban tekan aksial terhadap benda uji beton berbentuk silinder yang dicetak baik di laboratorium maupun di lapangan, pada laju pembebanan yang berada dalam batas yang ditentukan hingga terjadi kehancuran (hasil

pengujian pada lampiran 1). Kuat tekan benda uji dihitung dengan membagi beban maksimum yang diterima selama pengujian dengan luas penampang benda uji.

Tabel 3. Kuat Tekan Beton Fc'25 Berdasarkan Jenis Air dan Umur Beton

Jenis Air	Umur Beton	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	Rata-rata
Air Bersih	7 hari	22,34 MPa	22,76 MPa	21 MPa	22,74 MPa
	14 hari	25,30 MPa	25,55 MPa	24 MPa	24,88 MPa
	28 hari	31,21 MPa	31,52 MPa	31,80 MPa	31,51 MPa
Air Limbah Batu Alam	7 hari	17,65 MPa	21,77 MPa	28,34 MPa	19,88 MPa
	14 hari	23 MPa	22,17 MPa	22,32 MPa	22,49 MPa
	28 hari	30,66 MPa	28,55 MPa	28,84 MPa	29,95 MPa

Sumber: Hasil Pengujian, 2025



4.4 Kerusakan Beton Pasca Test

Contoh Setelah dilakukan pengujian kuat tekan pada masing-masing benda uji beton silinder, baik yang menggunakan air bersih maupun air limbah batu alam dari Sungai Cigayam, ditemukan berbagai bentuk kerusakan pada permukaan dan struktur beton yang menjadi indikator proses penghancuran akibat beban tekan maksimum.

Kerusakan beton pasca uji tekan pada umumnya terjadi secara aksial (dari atas ke bawah) dan menunjukkan pola retakan yang relatif simetris di sekitar permukaan benda uji. Kerusakan ini dimulai dari titik lemah pada struktur internal beton, yaitu pada bagian sambungan antara pasta semen dan agregat kasar yang tidak terikat sempurna.

Beberapa bentuk kerusakan yang diamati adalah sebagai berikut:

- Retakan vertikal
Merupakan bentuk kerusakan paling umum, ditandai dengan retakan sepanjang sisi silinder. Retakan ini terjadi akibat gaya tekan melebihi kapasitas tarik internal beton, sehingga menghasilkan gaya tarik transversal yang menyebabkan retakan memanjang.
- Pecah pada bagian atas dan bawah
Benda uji mengalami keruntuhan dengan terlepasnya bagian atas atau bawah silinder. Hal ini disebabkan oleh distribusi beban yang tidak merata pada saat pengujian atau karena tidak sempurnanya permukaan benda uji saat pengecoran dan perataan dengan sulfur atau gypsum.
- Spalling (Pecahan Mikro)
Pada beberapa benda uji, terutama yang menggunakan air limbah, ditemukan fenomena spalling, yaitu pengelupasan sebagian kecil permukaan beton. Hal ini terjadi akibat tekanan internal dan lemahnya daya ikat pasta semen

terhadap agregat akibat kontaminasi partikel halus dari air limbah.

- Pengelupasan Lapisan Luar
Sebagian kecil sampel menunjukkan lapisan luar yang terkelupas atau lepas. Kondisi ini disinyalir karena keberadaan partikel lumpur atau residu kimia dalam air limbah yang memengaruhi ikatan permukaan beton.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan penelitian dan analisa pada hasil pengujian, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Pengaruh penggunaan air limbah batu alam terhadap kuat tekan beton mutu Fc-25 menunjukkan bahwa beton yang dicampur dengan air limbah dari Sungai Cigayam mengalami penurunan nilai kuat tekan jika dibandingkan dengan beton yang menggunakan air bersih. Namun, penurunan tersebut masih dalam batas toleransi standar mutu Fc-25 menurut SNI, yang artinya air limbah tidak serta merta menyebabkan beton gagal fungsi, tetapi tetap menghasilkan kekuatan yang layak secara teknis untuk aplikasi tertentu.
2. Besar perbandingan kuat tekan beton normal (air bersih) dengan beton menggunakan air limbah batu alam pada umur 28 hari menunjukkan rata-rata kuat tekan:
Air bersih: 31,51 Mpa
Air limbah: 29,95 Mpa
Selisih rata-ratanya sekitar 1,56 MPa, atau $\pm 5\%$ lebih rendah pada beton dengan air limbah. Meski terjadi penurunan, nilai tersebut masih melampaui standar minimum untuk mutu beton K-300 (yakni 24,9 MPa pada 28 hari), sehingga air limbah masih memungkinkan untuk digunakan dalam situasi tertentu.
3. Penggunaan air limbah batu alam tidak di anjurkan untuk para pelaku proyek konstruksi, jika masih ada ketersediaan air bersih lebih baik menghindari penggunaan air limbah.

3.2 Saran

Penggunaan air limbah batu alam dari Sungai Cigayam sebagai bahan campuran beton merupakan langkah positif dalam mendukung pelestarian lingkungan. Dengan memanfaatkan limbah yang sebelumnya tidak termanfaatkan, maka pencemaran air dapat dikurangi sekaligus mengurangi ketergantungan terhadap air bersih yang seharusnya lebih diprioritaskan untuk kebutuhan manusia dan ekosistem. Pemanfaatan air limbah ini menjadi bagian dari penerapan prinsip ramah lingkungan dalam industri konstruksi. Dari sisi efektivitas, penggunaan air limbah batu alam terbukti mampu menghasilkan beton dengan mutu yang masih memenuhi standar SNI untuk kelas beton Fc-

25. Hal ini menunjukkan bahwa air limbah dapat menjadi alternatif bahan pencampur beton yang efisien dan ekonomis, terutama untuk proyek-proyek konstruksi berskala kecil hingga menengah. Inovasi ini dapat menjadi solusi bagi daerah dengan keterbatasan akses air bersih, tanpa mengorbankan mutu dan kekuatan struktur bangunan. Oleh karena itu, sangat disarankan agar pengujian lebih lanjut dilakukan untuk berbagai jenis mutu beton dan kondisi lingkungan yang berbeda, guna memperkuat data teknis dan mendorong implementasi luas di lapangan. Namun, sebelum digunakan secara luas, perlu dilakukan pemeriksaan kualitas air limbah secara berkala untuk memastikan tidak mengandung zat-zat berbahaya yang dapat memengaruhi mutu beton dalam jangka panjang. Parameter yang penting untuk dianalisis antara lain pH, kadar lumpur, kandungan zat organik, dan logam berat.

Pengolahan awal seperti penyaringan atau pengendapan sederhana juga disarankan guna meningkatkan kualitas air limbah sebelum digunakan. Untuk pengembangan penelitian lebih lanjut, disarankan dilakukan pengujian pada mutu beton lainnya, seperti Fc-30, Fc-35, Fc-40, guna mengetahui sejauh mana efektivitas penggunaan air limbah terhadap berbagai kelas beton. Selain itu, uji ketahanan beton terhadap lingkungan ekstrem seperti paparan air laut, suhu tinggi, atau bahan kimia agresif juga penting untuk mengukur ketahanan jangka panjang beton yang menggunakan air limbah sebagai bahan campurannya. Dengan pendekatan ini, sektor konstruksi dapat berkontribusi dalam menciptakan pembangunan yang berkelanjutan, efisien secara sumber daya, dan bertanggung jawab terhadap lingkungan sekitar.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. (2012). SNI 03-2834-2012: Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2012). SNI 7656:2012: Air untuk Beton. Jakarta: BSN.
- Neville, A. M. (2012). *Properties of Concrete (5th ed.)*. Pearson Education Limited.
- Wulandari, S. (2017). Studi Mikrostruktur Beton dengan Campuran Air Limbah Batu Alam. *Jurnal Material Konstruksi*, 5(3), 30–38.
- UPT PSDA Jamblang. (2013). Laporan Kualitas Air Sungai Wilayah Cirebon. Cirebon: Dinas Pengelolaan Sumber Daya Air Provinsi Jawa Barat.
- Analysis of Cigayam River Water Pollution due to Natural Stone Industry Waste Disposal Analisis Pencemaran Air Sungai Cigayam Kabupaten Cirebon Akibat Pembuangan Limbah Industri Batu Alam* (2024)
- Badan Standardisasi Nasional. (2012). SNI 7656:2012: Air untuk Beton. Jakarta: BSN.
- Putra, D. R. (2020). Pengaruh Penggunaan Air Limbah Industri Granit terhadap Mutu Beton. Skripsi. Universitas Negeri Semarang.
- Rahmawati, N. (2019). Pengaruh Air Limbah Marmer terhadap Kuat Tekan Beton Mutu K-225. *Jurnal Teknik Sipil & Lingkungan*, 7(1), 55–62.
- Salsabilla, R., Nugroho, A., & Mahardika, F. (2024). Kajian Kualitas Air Sungai Cigayam Akibat Pencemaran Industri Batu Alam. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 15(2), 101–119.
- Tjokrodinuljo, K. (2004). *Teknologi Beton*.

