BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Limbah kertas adalah salah satu jenis limbah dari sekian banyak yang terdapat lingkungan sekitar, mudah didapatkan, kertas merupakan salah satu bahan yang sering digunakan dalam suatu kegiatan surat menyurat maupun kegiatan lainnya pada suatu instansi pemerintah maupun swasta dan kegiatan pembelajaran pada suatu sekolah. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik beton menggunakan limbah kertas sebagai substitusi parsial agregat halus dengan variasi serat nylon. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah kajian eksperimental di Laboratorium, yaitu suatu penelitian yang berusaha untuk memperoleh sifat sifat fisik limbah kertas yang akan digunakan sebagai bahan tambah dengan variasi serat nylon pada campuran beton.

Berdasarkan penelitian terdahulu, salah satu kota yang ada didaerah sulawesi selatan yakni kota makassar yang merupakan salah satu ibu kota provinsi dengan pengolahan persampahan yang kurang baik. dikota makassar, tempat menampung sampah yang diproduksi oleh penduduk kota makassar, berlokasi di tamangapa. Karakteristik fisik sampah di TPA tamangapa yang berupa komposisi sampah diperoleh sampah organik 80.71%, plastik 9.23%, kertas 7.03%, kain 0.03%, kayu 0.17%, kaca 0.22%, kaleng/besi 2.12%, karet 0.50%. Sedangkan densitas atau pemadatan sampah yakni 0,19 kg/ltr (Zubair & Haeruddin, 2012). Melihat data tersebut terungkap bahwa salah satu potensi pencemaran lingkungan

yang harus dikelola dengan baik adalah pencemaran tanah akibat limbah kertas yang terdapat di lingkungan.

Perkembangan teknologi ini mulai dimanfaatkan untuk mengolah potensi sumber daya alam yang ada, salah satunya ialah limbah kertas. Limbah kertas sendiri saat ini tersedia dalam jumlah yang tidak sedikit khususnya dikabupaten sidenreng rappang yang nantinya akan dijadikan lokasi penelitian. Kabupaten sidenreng rappang sendiri memiliki pengelolaan sampah yang kurang baik, baik itu sampah rumah tangga, sampah komersial, sampah banguanan dan sampah fasilitas umum.

Selain material kertas, terdapat juga material pendukung yakni serat *nylon* yang dimana serat *nylon* mempunyai sifat yang sangat elastis dan liat sehingga diharapkan dapat memperbaiki sifat getas pada beton. Serat *nylon* juga mampu meningkatkan kekuatan beton (tekan, tarik, dan lentur), kekedapan beton, daya tahan terhadap beban kejut, daktilitas, kapasitas penyerapan energi, daya tahan beban berulang, dan daya abrasi, serta mengurangi retak-retak karena susut dan terjadinya korosi tulangan baja, memungkinkan adanya kekuatan beton setelah terjadinya keretakan.

Penambahan kertas dalam beton telah menjadi subjek penelitian dalam beberapa studi. Salah satu tujuannya adalah untuk menciptakan beton ringan, yang memiliki berat lebih rendah dibandingkan beton normal. Misalnya, penelitian yang dilakukan oleh H. Surya Hadi (2018) menunjukkan bahwa beton dengan agregat buatan dari limbah kertas koran, yang disebut beton agregat kertas, adalah salah satu jenis beton ringan. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji manfaat

yang bisa diambil dari pemakaian beton agregat berasal dari limbah kertas. Sebagai contoh, sebuah jurnal berjudul "Analisa Pengaruh Penambahan Limbah Kertas Terhadap Kuat Tekan Beton Ringan Untuk Partisi Gedung" menjelaskan bagaimana penambahan limbah kertas dapat mempengaruhi kuat tekan beton ringan. Jurnal lain berjudul "Pengaruh Penambahan Potongan Kertas Koran pada Bata Beton Berlubang" juga membahas topik serupa. Kedua jurnal ini memberikan wawasan mendalam tentang pengaruh penambahan kertas dalam beton dan bagaimana hal itu dapat mempengaruhi sifat-sifat beton.

Serat nylon adalah serat sintetis yang dapat digunakan untuk memperbaiki kinerja beton, terutama dalam hal keuletan, ketahanan retak, dan penyerapan air. Penambahan serat nylon dalam beton dapat berasal dari sumber baru atau limbah, seperti pukat ikan. Penelitian menunjukkan bahwa penambahan serat nylon tidak berpengaruh signifikan terhadap kuat tekan beton, tetapi meningkatkan kuat lentur dan ketahanan terhadap beban berulang. Namun, penambahan serat nylon juga menurunkan modulus elastisitas beton, yang berarti beton menjadi lebih daktail dan kurang kaku. Kadar serat yang optimal berbeda-beda tergantung pada sumber dan tujuan penggunaan serat. Berdasarkan jurnal dari Yohanes L.D. Adianto dan Tri Basuki (2004) dengan judul “Pengaruh Penambahan Serat Nylon terhadap Kinerja Beton” yang meneliti pengaruh serat nylon terhadap kuat tekan, kuat lentur, dan modulus elastisitas beton. Dari hasil penelitian diketahui penambahan serat nylon meningkatkan ketahanan beton terhadap beban berulang secara signifikan, terutama pada kadar serat 1% dan 1,5% dan penambahan serat nylon mempercepat perkembangan kuat tekan beton pada umur awal (3 hari), tetapi

memperlambat perkembangan kuat tekan beton pada umur akhir (28 hari).

Sedangkan berdasarkan jurnal dari Mohammad Syarif Al Huseiny dan Rosi Nursani (2020) dengan judul "Pengaruh Penambahan Serat Nylon Limbah Pukat terhadap Sifat Mekanis Beton" yang meneliti pengaruh serat nylon limbah pukat terhadap kuat tekan, kuat belah, kuat lentur, dan modulus elastisitas beton. Dari hasil penelitian diketahui penambahan serat nylon limbah pukat meningkatkan kuat tekan beton secara signifikan, penambahan serat nylon limbah pukat tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kuat belah beton, penambahan serat nylon limbah pukat menurunkan kuat lentur beton secara signifikan, dan penambahan serat nylon limbah pukat menurunkan modulus elastisitas beton secara signifikan.

Berdasarkan uraian latar belakang masalah di atas, maka penulis mencoba meneliti dan membahas akan hal tersebut di dalam Skripsi yang berjudul : "**Karakteristik Beton Menggunakan Limbah Kertas sebagai Substitusi Parsial Agregat Halus Dengan Variasi Serat Nylon"**

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka rumusan permasalahan dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh limbah kertas sebagai substitusi agregat halus dengan variasi serat nylon terhadap nilai kuat tekan beton ?
2. Bagaimana pengaruh limbah kertas sebagai substitusi agregat halus dengan variasi serat nylon terhadap nilai kuat lentur beton ?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan perumusan masalah yang ada, maka tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui pengaruh limbah kertas sebagai pengganti agregat halus dengan variasi serat nylon terhadap nilai kuat tekan beton.
2. Untuk mengetahui pengaruh limbah kertas sebagai pengganti agregat halus dengan variasi serat nylon terhadap nilai kuat lentur beton.

D. Batasan Masalah

Untuk memberikan arah yang jelas dari penelitian ini agar sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai dan karena keterbatasan waktu serta luasnya permasalahan yang ada, maka penulis membatasi beberapa hal yaitu :

1. Standar mix design yang digunakanberdasarkan SNI 7656:2012)
2. Jenis limbah kertas yang akan digunakan adalah yang sejenis dengan kertas HVS.
3. Pengujian hanya pada kinerja kuat tekan dan kuat lentur beton dalam keadaan keras berdasarkan SNI 1974:2011 dan SNI 4154-2014.
4. Umur pengujian beton adalah 7,14, dan 28 hari.
5. Semen yang digunakan adalah *Portland Pozzolan Cement (PPC)* Tonasa.
6. Serat yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah serat nylon dengan variasi serat nylon 0.5%, 1%, dan 1,5% dari berat semen.

E. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dan harapan yang ingin diperoleh dari penelitian ini ialah sebagai berikut :

1. Memberikan informasi awal tentang pemanfaatan limbah kertas dan serat nylon dalam pencampuran beton.
2. Mengurangi jumlah sampah kertas yang sangat banyak dan dimanfaatkan sebagai bahan campuran beton ringan.

F. Sistematika Penelitian

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Dalam penyelesaian skripsi ini, penulis berpedoman pada beberapa penelitian tentang perancangan mutu beton, material campuran beton, pengertian beton, SNI tentang baku beton, serta studi tentang kertas.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang urutan pengerjaan yang dilakukan dalam penelitian yang berupa investigasi lapangan dan pengujian langsung di laboratorium.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada baba ini dibahas hasil penelitian dan pembahasan dari penelitian yang telah dilakukan. Hasil pengujian akan dilampirkan baik dalam bentuk tabel maupun grafik.

BAB V PENUTUP

Pada bab ini berisi kesimpulan dan juga saran. Kesimpulan yang berisikan pernyataan singkat dan tepat yang dijabarkan dari hasil penelitian dan menjawab tujuan penelitian dan rumusan masalah. Saran yang berisikan pertimbangan penulis terhadap instansi dan rekomendasi bagi penelitian yang akan datang.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan Umum

Mulai tahap perencanaan hingga tahap analisis, penelitian dilaksanakan berdasarkan sumber yang berkaitan dengan topik yang dipilih, yaitu penelitian tentang limbah kertas yang difungsikan sebagai pengganti sebagian agregat halus pada campuran beton.

Materi yang dibahas berdasarkan referensi maupun peraturan mengenai teknologi beton, meliputi teori tentang kertas, beton mutu tinggi dan beton ringan.

B. Pengertian Beton

Beton didefinisikan sebagai bahan yang diperoleh dengan mencampurkan agregat halus, agregat kasar, semen portland dan air.

Beton adalah bahan yang terbuat dari berbagai macam tipe semen, agregat dan juga bahan pozzolan, abu terbang, terak dapur tinggi, sulfur, serat dan lain-lain (Neville dan Brooks, 1987). Perancangan beton harus memenuhi kriteria perancangan yang berlaku. Perancangan sendiri dimaksudkan untuk mendapatkan beton yang baik dimana harus memenuhi kriteria dua kinerja yang utamanya, yaitu kuat tekan yang tinggi (minimal sesuai dengan rencana) dan pengerjaan yang mudah *(Workability)*. Selain itu juga harus memenuhi kriteria antara lain, tahan lama *(durability)*, murah *(aspect economic cost)* dan tahan aus.

C. Karakteristik Beton

1. Kuat Tekan

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kekuatan beton (Mulyono, 2003):

a. Proporsi bahan-bahan penyusun
b. Metode perancangan
c. Perawatan
d. Keadaan pada saat pengecoran.

Rumus kuat tekan beton :

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

Dimana :

fc' = Kuat tekon beton (Mpa)

P = Beban maksimum (N)

A = Luas penampang benda uji (mm2)

2. Kuat Lentur

Kuat tarik lentur adalah kemampuan balok beton yang diletakkan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji, yang diberikan padanya, sampai benda uji patah yang dinyatakan dalam Mega Pascal (MPa) gaya tiap satuan luas (SNI 03-4431-1997).

Rumus kuat tarik lentur :

a. Untuk pengujian dimana bidang patah terletak didaerah pusat (daerah 1/3 jarak titik perletakan bagian tengah), maka kuat lentur beton dihitung

menurut persamaan sebagai berikut.

$$\sigma_l = \frac{P.L}{b.h^2} \quad \text{.....(2)}$$

b. Untuk pengujian dimana patahnya benda uji ada diluar pusat (daerah 1/3 jarak titik perletakan bagian tengah), dan jarak antara titik pusat dan titik patah kurang dari 5% dari jarak antara titik perletakan maka kuat lentur beton dihitung menurut persamaan sebagai berikut.

$$\sigma_l = \frac{P.a}{b.h^2} \quad \text{.....(3)}$$

Dimana :

σ_l = Kuat lentur benda uji (Mpa)

P = Beban maksimum (N)

L = Jarak (bentang) antara dua garis perletakan (mm)

b = Lebar tampan lintang patah arah horizontal (mm)

h = Lebar tampan lintang patah arah vertikal (mm)

a = jarak rata-rata antara tampang lintang patah dan tumpuan luar yang terdekat, diukur pada 4 tempat pada sudut dari bentang (mm)

3. Workabilitas

Workabilitas adalah bahwa bahan-bahan beton setelah diaduk bersama, menghasilkan adukan yang bersifat sedemikian rupa sehingga adukan mudah diangkut, dituang / dicetak, dan dipadatkan menurut tujuan pekerjaannya tanpa terjadi perubahan yang menimbulkan kesukaran atau penurunan mutu. Beberapa

parameter untuk mengetahui workabilitas beton segar adalah :

a. *Compactible,* yaitu kemudahan beton untuk dipadatkan dengan baik.Pemadatan bertujuan untuk mengurangi rongga-rongga udara yang terjebak di dalam beton sehingga diperoleh susunan yang padat dan memperkuat ikatan antar partikel beton.
b. *Mobilitas,* yaitu kemudahan beton untuk mengalir atau dituang dalam cetakan dan dibentuk. Adukan beton juga harus dapat mengisi ruang di antara tulangan-tulangan.
c. *Stabilitas,* yaitu kemampuan beton untuk tetap stabil, homogen selama pencampuran, serta tidak terjadi segregasi danbleeding.

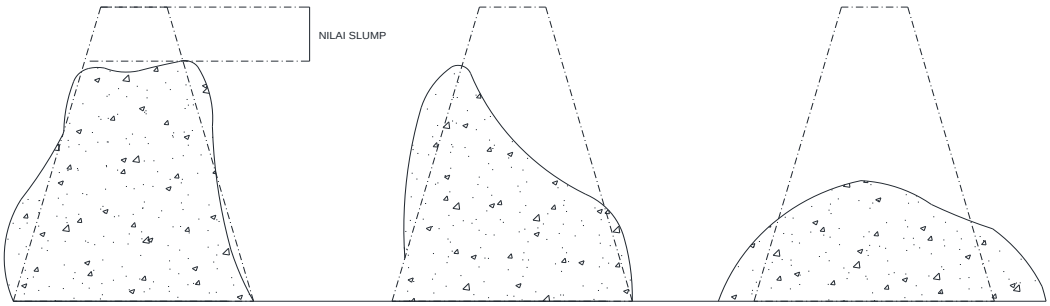
Kemudahan pengerjaan dapat dilihat dari nilai slump yang identik dengan tingkat keplastisan beton. Semakin plastis beton semakin mudah pengerjaannya. Unsur – unsur yang mempengaruhi nilai slump antara lain:

1) Jumlah Air Pencampur Semakin banyak air semakin mudah dikerjakan
2) Kandungan semen Jika FAS tetap, semakin banyak semen berarti semakin banyak kebutuhan air sehingga keplastisannyapun akanlebih tinggi
3) Gradasi campuran pasir krikil jika memenuhi syarat dan sesuai dengan standar, akan lebih mudah dikerjakan
4) Bentuk Butiran agregatkasaragregat berbentuk bulat – bulat lebih mudah dikerjakan
5) Butir maksimum
6) Cara Pemadatan dan Alat Pemadat. (Mulyono,2003)

Ada tiga jenis slump yaitu Slump Sejati, Slump Geser, dan Slump Runtuh.

Untuk lebih jelasnya dapat kita lihat Gambar 2 dibawah ini.

Slump murni **Slump geser** **Slump runtuh**



Gambar 2. 1 Tipe-tipe Keruntuhan Slump berdasarkanNilai FAS. (*Neville dan Brooks, 1987*).

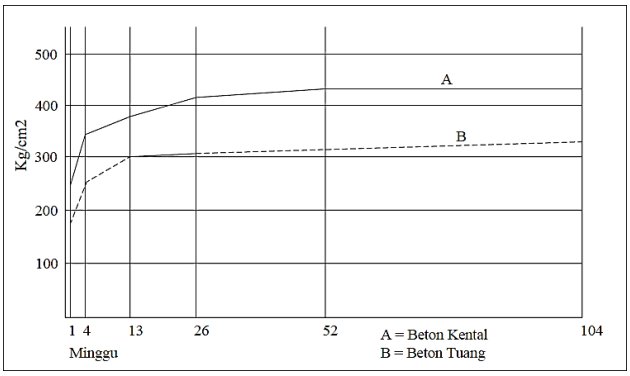
4. Rongga Udara *(Air Content)*

Pada umumnya beton mengandung rongga udara sekitar 1% - 2%, pasta semen (semen dan air) sekitar 25% - 40% dan agregat (agregat halus dan agregat kasar) sekitar 60% - 75%. (Tri Mulyono,2003). Dengan banyaknya pori-pori yang mengandung udara tersebut, maka akan mengakibatkan kekuatan beton akan semakin menurun. Dengan penambahan bahan tertentu yang bersifat sebagai Filler akan mengisi rongga-rongga udara sehingga beton lebih kedap air.

D. Umur Beton

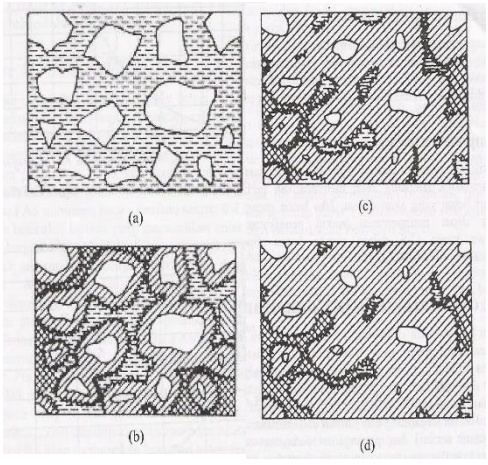
Kuat tekan beton bertambah sesuai dengan bertambahnya umur beton. Kecepatan bertambahnya kekuatan beton tersebut sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain : faktor air - semen dan suhu perawatan. Semakin tinggi faktor air - semen semakin lambat kenaikan kekuatan beton, semakin tinggi suhu perawatan semakin cepat kenaikan kekuatan beton.(Tjokroadimuljo.K, 1996

) Laju kenaikan kuat tekan beton ini mula - mula cepat, akan tetapi semakin lama laju kenaikan itu makin lambat.



Gambar 2. 2 Hubungan Kuat Tekan dan Umur Beton. (Honing, 1982)

Semen porland akan terus bereaksi dengan air pada saat pengikatan awal terjadi. Setelah 24 jam pada temperatur kamar, 30% - 40% semen biasanya mengalami Proses Hidrasi, pembentukan lapisan penutup dengan bertambahnya kepadatan dan ketebalan yang melapisi partikelnya. Hidrasi partikel Klinker yang besar secara parsial dan keseluruhan akan membentuk beton (Mulyono, 2003). Proses pembentukan beton dari saat mulai mengeras sampai umur beton 90 hari



dapat dilihat pada Gambar 2. 3.

Gambar 2. 3 Proses Pembentukan Beton (Mulyono, 2003)

Keterangan :

a) Terjadinya pencampuran pertama;

b) Kondisi beton setelah berumur 7 hari;

c) Kondisi beton setelah berumur 28 hari;

d) Kondisi beton setelah berumur 12 bulan.

E. Material Penyusun Beton

Material penyusun pada beton dengan campuran kertas ini tidak berbeda dengan material penyusun beton pada umumnya, yaitu terdiri dari semen, agregat kasar, air dan kertas sebagai bahan substitusi agregat halus. Semua bahan-bahan diatas mempunyai karakteristik yang berbeda bila digunakan sebagai bahan adukan dalam beton. Dengan alasan ini maka perlu diketahui sifat dan karakteristik masing masing material penyusun beton agar dalam pelaksanaan nanti tidak terjadi kesalahan pemilihan dan penggunaan material, sehingga dapat menghasilkan beton dengan kekuatan karakteristik yang dikehendaki.

1. Semen Porland (PC)

Portland cement (PC) atau lebih dikenal dengan semen merupakan suatu bahan yang mempunyai sifat hidrolis, semen membantu pengikatan agregat halus dan agregat kasar apabila tercampur dengan air. Selain itu, semen juga mampu mengisi rongga-rongga antara agregat tersebut. Banyaknya kandungan semen dalam beton berpengaruh terhadap kuat tekan beton. Jumlah semen yang terlalu sedikit, berarti banyaknya air juga sedikit mengakibatkan adukan beton sulit

dipadatkan, sehingga kuat tekanbeton menjadi rendah. Kelebihan jumlah semen, berarti banyaknya air juga berlebihan sehingga beton menjadi banyak pori, dan akibatnya kuat tekan beton menjadi rendah.

a. Sifat Kimia Semen

Kadar kapur yang tinggi tetapi tidak berlebihan cenderung memperlambat pengikatan, tetapi menghasilkan kekuatan awal yang tinggi. Kekurangan zat kapur menghasilkan semen yang lemah, dan bilamana kurang sempurna pembakarannya, menyebabkan ikatan yang cepat (L.J. Murdock dan K.M. Brook,1979). Sifat kimia serta komposisi semen sesuai Teknologi Beton. (Mulyono,2004)

Dalam semen pada dasarnya ada 4 senyawa penting, yaitu :

1) *Trikalsium silikat(C3S)*
2) *Dikalsium silikat(C2S)*
3) *Trikalsium aluminat(C3A)*
4) *Tetrakalsium aluminoferit(C4AF)*

b. Sifat Fisik Semen

Sifat fisik Semen portland yaitu :

1) Kehalusan butir

Semakin halus semen, maka pemukaan butirannya akan semakin luas, sehingga persenyawaanya dengan air akan semakin cepat dan membutuhkan air dalam jumlah yang besar pula.

2) Berat jenis

Berat jenis semen pada umumnya berkisar 3.15 kg/liter. Waktu

pengerasan semen. Pada pengerasan semen dikenal dengan adanya waktu pengikatan awal (initial setting) dan waktu pengikatan akhir (final setting).

3) Waktu pengikatan

awal dihitung sejak semen tercampur dengan air hingga mengeras. Pengikatan awal untuk semua jenis semen harus diantara 60 – 120 menit.

c. Kekekalan bentuk

Pasta semen yang dibuat dalam bentuk tertentu dan bentuknya tidak berubah pada waktu mengeras, maka semen tersebut mempunyai sifat kekal bentuk.

d. Pengerasan awal palsu

yang terurai lebih dulu dapat menimbulkan efek Gips pengerasan palsu, seolah-olah semen tersesuai mulai mengeras tetapi pengaruhnya terhadap sifat semen tidak berubah.

Pengerasan palsu biasanya terjadi jika semen mengeras kurang dari 60 menit.

e. Pengaruh suhu

Pengikatan semen berlangsung dengan baik pada suhu 35 ^{o}C dan berjalan dengan lambat pada suhu di bawah 15 °C. Berdasarkan SNI S-04-1989-F semen portland mempunyai kategori sesuai dengan tujuan pemakaiannya, yaitu untuk konstruksi umum, dan kontruksi konstruksi yang menuntut persyaratan yang sangat tahan terhadap sulfat baik itu untuk konstruksi awal yang tinggi maupun konstruksi yang syarat dengan panas hidrasi

yang rendah.

2. Agregat

Agregat merupakan butiran mineral alami atau buatan yang berfungsi sebagai bahan pengisi campuran beton. Agregat menempati 70 % volume beton, sehingga sangat berpengaruh terhadap sifat ataupun kualitas beton, sehingga pemilihan agregat merupakan bagian penting dalam pembuatan beton. Sebelum pembuatan beton perlu juga dilakukan pengujian agregat dikarenakan meskipun berada didaerah yang sama dan memiliki iklim yang sama tapi sifat fisik yang diperoleh dari hasil pengujian dilaboratorium itu berbeda-beda (Hakzah, 2021). Menurut *Tjokrodomulyo (1992)* agregat umumnya digolongkan
menjadi 3 kelompok, yaitu :

a. Batu, untuk besar butiran lebih dari 40 mm.
b. Kerikil untuk besar butiran antara 5 mm sampai 40 mm.
c. Pasir untuk butiran antara 0,15 mm sampai 5 mm.

Jenis agregat yang digunakan sebagai bahan susun beton adalah agregat halus dan agregat kasar.

a. Agregat halus

Agregat halus adalah semua butiran lolos saringan 4,75 mm. Agregat halus untuk beton dapat berupa pasir alami, hasil pecahan dari batuan secara alami, atau berupa pasir buatan yang dihasilkan oleh mesinpemecah batu yang biasa disebut abu batu. Agregat halus tidak bolehmengandung lumpur lebih dari 5 %, serta tidak mengandung zat-zatorganik yang dapat merusak beton. Kegunannya adalah untuk mengisi ruangan antara butir agregat kasar dan

memberikan kelecakan.

b. Agregat kasar.

Agregat kasar ialah agregat dengan besar butiran lebih dari 5 mm atauagregat yang semua butirannya dapat tertahan di ayakan 4,75 mm. Agregatkasar untuk beton dapat berupa kerikil sebagai hasil dari disintegrasi alamidari batu – batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahanmanual atau mesin. Agregat kasar harus terdiri dari butir–butiran yangkeras, permukaan yang kasar, dan kekal. Agregat harus memenuhi syaratkebersihan yaitu, tidak mengandung lumpur lebih dari 1 %, dan tidakmengandung zat–zat organik yang dapat merusak beton.

c. Air

Fungsi air pada campuran beton adalah untuk membantu reaksi kimia yang menyebabkan berlangsungnya proses pengikatan serta sebagai pelicin antara campuran agregat dan semen agar mudah dikerjakan. Air diperlukan pada pembentukan semen yang berpengaruh terhadap sifat kemudahan pengerjaan adukan beton (workability), kekuatan, susut dan keawetan beton. Air yang diperlukan untuk bereaksi dengan semen hanya sekitar 25 % dari berat semen saja, namun dalam kenyataannya nilai faktor air semen yang dipakai sulit jika kurang dari 0,35. Kelebihan air dari jumlah yang dibutuhkan dipakai sebagai pelumas, tambahan air ini tidak boleh terlalu banyak karena kekuatan beton menjadi rendah dan beton menjadi keropos. Kelebihan air ini dituang (bleeding) yang kemudian menjadi buih dan terbentuk suatu selaput tipis (laitance). Selaput tipis iniakan mengurangi lekatan antara lapis-lapis beton

dan merupakan bidang sambung yang lemah (Tjokrodimuljo,1996). Pemakaian air untuk beton sebaiknya memenuhi persyaratan (PBI 1971) :

1) TidakmengandungLumpur(bendamelayanglainnya)lebihdari2gr/liter
2) Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organic, dan sebagainya) lebih dari 15gr/liter
3) Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5gr/liter
4) Tidak mengandung senyawa-senyawa sulfat lebih dari 1gr/liter.

F. Beton Ringan *(Lightweight Concrete)*

Beton adalah campuran antara semen portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat (Surya Sebayang, 2000). Beton normal merupakan bahan bangunan yang relatif cukup berat dengan berat jenis berkisar 2,3 atau berat 2300 kg/m3. Untuk mengurangi beban mati suatu struktur beton, maka telah banyak dipakai beton ringan. Berdasarkan SNI 03 - 2847 - 2002, beton ringan adalah beton yang mengandung agregat ringan dan mempunyai berat satuan tidak lebih dari 1900 kg/m3. Pada dasarnya beton ringan diperoleh dengan cara penambahan pori-pori udara ke dalam campuranbetonnya.

Menurut Tjokrodimuljo (2007) pembuatan beton ringan dapat dilakukan dengan cara :

1. Membuat gelembung-gelembung gas udara dalam adukan semen. Dengan demikian akan terjadi banyak pori-pori udara di dalam betonnya. Bahan Tambahan Khusus (pembentuk gelembung udara dalam beton) ditambahkan ke dalam semen dan akan terbentuk gelembung udara.

2. Dengan menggunakan agregat ringan, misalnya tanah liat bakar dan batu apung. Demikian beton yang terjadi pun akan lebih ringan daripada beton normal. Pembuatan beton tidak dengan butir-butir agregat halus. Dengan demikian beton ini disebut “beton non-pasir” dan hanya dibuat dari semen dan agregat kasar saja (dengan butir maksimun agregat kasar sebesar 20 mm atau 10 mm). Beton ini mempunyai pori-pori yang hanya berisi udara (yang semula terisi oleh butir agregat halus).

G. Kertas

Kertas dalam bahasa Inggris disebut paper dan dalam bahasa Belanda disebut *paper*. Kertas adalah barang baru ciptaan manusia berwujud lembaran-lembaran tipis yang dapat dirobek, digulung, dilipat, direkat, dicoret mempunyai sifat yang berbeda dari bahan bakunya : tumbuh-tumbuhan. Kertas dibuat unutk memenuhi kebutuhan hidup yang sangat beragam. Kertas dikenal sebagai media utama untuk menulis, mencetak serta melukis dan banyak kegunaan lain yang dapat dilakukan dengan kertas misalnya kertas pembersih (tissue) yang digunakan untukhidangan, kebersihan ataupun toilet.Adanya kertas merupakan revolusi baru dalam dunia tulis menulis yang menyumbangkan arti besar dalam peradaban dunia. Sebelum ditemukan kertas, bangsa-bangsa dahulu menggunakan tablet dari tanah lempung yang dibakar. Hal ini bisa dijumpai dari peradaban bangsa Sumeria, Prasasti dari batu, kayu, bambu, kulit atau tulang binatang, sutra, bahkan daun lontar yang dirangkai seperti dijumpai pada naskah naskah Nusantara.



Gambar 2. 4 Bubur kertas

Sumber : Dokumentasi pribadi

1. Bahan – Bahan Pembuatan Kertas

   Bahan-bahan pembuatan kertas terdiri dari tiga komponen yaitu bahan baku, bahan pembantu dan bahan pelengkap. Bahan baku adalah bahan utama pembuatan kertas. Bahan baku diubah hingga menjadi barang baru yang mempunyai wujud dan sifat berlainan dari bahan asalnya. Bahan pembantu adalah bahan-bahan yang diperlukan untuk memperlancar pembuatan kertas. Bahan pelengkap adalah bahan-bahan yang diperlukan dalam proses pembuata kertas agar memperoleh hasil yang baik tanpa bahan pelengkap kertas yang dihasilkan banyak mengandung cacat dan tidak sempurna.

   a. Bahan Baku

      Bahan baku kertas dari tanaman yang banyak mengandung serat seperti : jerami padi, bamboo, tebu, rumput-rumputan, jute, manila, rosella, murbai, kapas, lena dan jenis tanaman-tanaman lainnya yang cukup banyak tersedia di alam. Batang-batang kayu pun digunakan sebagai bahan baku.

Hampir semua jenis kayu baik kayu keras maupun lunak tanpa kecuali dapat dijadikan bahan baku kertas. Karena kayu mempunyai kandungan selulosa cukup banyak (40-45 %) (JF Dumanauw, 1984). Seperti yang kita ketahui selulosa adalah komponen utama pembuatan kertas. Namun, produk kertas dari bahan nonkayu masih dibuat karena bahan jenis ini mempunyai keunggulan yakni lebih kuat dibandingkan dengan selulosa kayu. Kertas jenis ini dipergunakan sebagai kertas tulis, kertas penjilidan buku, kertas cetak biru, uang kertas, dan bahan lain yang memerlukan kertas dengan ketahanan tinggi.

b. Bahan Pembantu

Ada empat jenis bahan pembantu yang digunakan dalam pembuatan kertas. Yang pertama adalah air bersih dan selebihnya adalah bahan-bahan kimia yang berbeda-beda peranannya. Tidak semua bahan- bahan kimia ini dipergunakan sekaligus tetapi tergantung kepada jenis kertas yang diproduksi. Bahan-bahan pembantu tersebut sebagai berikut:

1) Air, diperlukan sebagi pelarut dan pencuci. Air sangat diperlukan dalam pembuatankertas.
2) Bahan pemutih, diperlukan untuk membuat kertas menjadi putih bersih sebab bahan baku kertas tidak berwarna.
3) Hidrogen Peroksida Natrium Peroksida Natrium Bisufat Kalium Bisulfat
4) Bahan penghancur kayu, diperlukan untuk menghancurkan kayu tidak dengan cara mekanis tetapi bahan reaksi kimia. Bahan penghancur

tersebut adalah:

Asam > Asam sulfat

Alkali > Sodium Hidroksida

5) Bahan pewarna , diperlukan apabila hendak membuat kertas-kertas berwarna.

c. Bahan Pelengkap

Ada dua macam bahan pelengkap yang dipergunakan di dalam industri kertas. Bahan-bahan tersebut adalah :

1) Bahan Pengisi, bahan untuk menutup lubang-lubang halus pada permukaan kertas. Sehingga diperoleh kertas yang rata dan halus. Diantara bahan-bahan tersebut adalah :

a) Kaolin

b) Tanah Diatomea

c) Gips

d) Kapur Magnesit

2) Bahan perekat, bahan untuk mengikat serat atau selulosa kayu agar lebih kuat dan kokoh diantaranya:

a) Perekat arpus

b) Perekat hewani Perekat

c) tepung kanji

3) Jenis dan Sifat Kertas

Jenis – jenis kertas menurut kebutuhannya dapat dibagi menjadi berikut :

a) Kertas bungkus : untuk semen, kertaslilin

b) Kertas tisu : sigaret, karbon, tisumuka

c) Kertas cetak : untuk buku cetak

d) Kertas tulis :HVS

e) KertasKoran

f) Kertaskarton

g) Kertas hard Board

Tebal-tipisnya kertas akan menentukan mudah sukarnya pengerjaan. Pada umumnya kertas dapat diperlakukan sebagai berikut :

a) Dapat dibakar dengan mudah

b) Dapat menyerap air

c) Dapat dilipat kesegala arah

d) Dapat dipotong dengan gunting atau pisau

e) Dapat dirobek Dapat direkat dengan lem

f) Dapat ditoreh dengan benda runcing atau tumpul

g) Dapat digulung dengan mistar

h) Dapat diremas dengan tangan

i) Dapat ditusuk denagn jarum atau benda lainnya yang runcing

j) Dapat disambung dengan stapler

k) Dapat dijepit dengan kertas

l) Dapat dilubangi dengan alat khusus.

H. Serat Nylon

Nilon adalah polimer sintetik yang termasuk dalam kelompok poliamida. Nilon adalah serat tekstil yang elastis dan tahan, tidak memerlukan penyetrikaan

dan digunakan dalam pembuatan stoking dan kain rajutan, juga bulu dan sutra. Nilon cetakan digunakan sebagai bahan keras dalam pembuatan berbagai peralatan, seperti gagang sikat, sisir, dll.

Penemu nilon dan paten pertamanya adalah Wallace Hume Carothers. Dia menemukannya pada 1933, tetapi tidak mematenkannya sampai 20 September 1938 (Paten AS 2130523, 2130947, dan 2130948). Pada kematian Carothers, perusahaan DuPont mempertahankan paten. Laboratorium DuPont, pada tahun 1938, menghasilkan serat sintetis yang kuat dan elastis ini, yang sebagian akan menggantikan sutra dan rayon.

Dengan penemuan ini pasar stocking mengalami revolusi pada tahun 1938, dengan pembuatan stocking nilon, tetapi segera mereka menjadi sangat sulit diperoleh, karena tahun berikutnya Amerika Serikat memasuki Perang Dunia Kedua dan nilon diperlukan untuk membuat bahan perang, seperti tali dan parasut. Tetapi sebelum stoking atau parasut, produk nilon pertama adalah sikat gigi bulu nilon.

Serat nylon mempunyai sifat yang sangat elastis dan liat sehingga diharapkan dapat memperbaiki sifat getas pada beton. Serat nylon juga mampu meningkatkan kekuatan beton (tekan, tarik, dan lentur), kekedapan beton, daya tahan terhadap beban kejut, daktilitas, kapasitas penyerapan energi, daya tahan beban berulang, dan daya abrasi, serta mengurangi retak-retak karena susut dan terjadinya korosi tulangan baja, memungkinkan adanya kekuatan beton setelah terjadinya keretakan. (Balaguru and Shah, 1992). Dengan demikian serat nylon

sangat mungkin dapat dijadikan sebagai bahan tambah beton untuk meningkatkan sifat-sifat struktural beton.

Nylon sangat efektif untuk menambah resistensi terhadap tumbukan dan kekuatan serta mempertahankan dan kekuatan serta mempertahan dan meningkatkan kapasitas beban beton setelah retak pertama *(Cement and Concrete Institute, 2001).*



Gambar 2. 5 Serat Nylon
Sumber : Dokumentasi pribadi

I. Desain Campuran Beton (Mix Design Beton)

Desain campuran beton, yang dikenal sebagai mix design, adalah proses krusial dalam konstruksi untuk mencapai sifat-sifat mekanis dan fungsional yang diinginkan dari beton. Teori-teori yang mendasari mix design melibatkan pemahaman mendalam tentang bahan-bahan utama yang digunakan, proporsi

mereka, dan bagaimana interaksi di antara komponen-komponen tersebut mempengaruhi performa beton.

1. Pemilihan Bahan Baku:

Pertama-tama, teori-teori ini memerlukan pemilihan teliti terhadap bahan-bahan baku seperti semen, agregat kasar, agregat halus, dan air. Jenis dan karakteristik masing-masing bahan berkontribusi pada sifat akhir beton.

2. Pengaruh Semen:

Jenis semen yang digunakan memainkan peran penting dalam mix design. Teori-teori ini mempertimbangkan karakteristik pengerasan dan kekuatan akhir yang berbeda-beda dari masing-masing jenis semen.

3. Rasio Air-Cement (A/C):

Teori-teori mix design menekankan peran rasio air-semen dalam menentukan kekuatan dan ketahanan beton. Rasio yang tepat harus dipilih untuk mencapai kekuatan yang diinginkan tanpa mengorbankan ketercampuran.

4. Pemilihan Agregat:

Pemilihan dan distribusi agregat kasar dan halus dalam campuran beton memiliki dampak signifikan pada sifat-sifat mekanis dan estetika beton. Teori-teori ini memandang agregat sebagai komponen krusial yang memengaruhi kekuatan dan tampilan akhir beton.

5. Peran Air:

Air dalam campuran beton bukan hanya bahan campuran, tetapi juga berperan dalam reaksi hidrasi semen. Teori-teori mix design mencakup pengelolaan air untuk memastikan kekakuan yang optimal tanpa merusak

ketercampuran.

6. Aditif:

Penerapan teori mix design sering melibatkan penggunaan aditif. Aditif dapat memodifikasi sifat-sifat beton seperti pengurangan retakan, peningkatan kerja beton, atau penyesuaian waktu pengerasan.

7. Uji Laboratorium:

Teori mix design mengamanatkan uji laboratorium yang teliti. Uji-ujian ini melibatkan uji kekuatan tekan, uji retak, dan pemeriksaan sifat-sifat lainnya untuk memvalidasi desain campuran.

8. Penyesuaian Berdasarkan Hasil Uji:

Hasil uji laboratorium memungkinkan penyesuaian desain campuran jika diperlukan. Hal ini memastikan bahwa beton yang dihasilkan memenuhi standar kualitas yang diinginkan.

9. Dokumentasi dan Kepatuhan Standar:

Teori mix design menekankan pentingnya dokumentasi yang cermat dan kepatuhan terhadap standar setempat. Dokumentasi ini mencakup proporsi bahan, hasil uji, dan semua parameter yang relevan untuk memastikan konsistensi dan kualitas beton yang dihasilkan.

J. Hasil Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu yang pernah dilakukan sebagai bahan tambahan referensi adalah sebagai berikut :

1. H. Surya Hadi (2018) “Analisis Penambahan Kertas Terhadap Kuat Tekan Beton Ringan”. Dengan variasi campuran 1Pc: 2Ps :3Ba dan dengan

persentase penambahan kertas 0%, 10% dan 20% ternyata mengasilkan kuat tekan maksimum terjadi pada penambahan limbah kertas 10% menghasilkan kuat tekan 20,324 Mpa dan setelah diadakan penambahan 20% kuat tekan menurun 18,874 MPA.

2. Bagus Cahyono (2011) "Kajian Kuat Tekan Beton Kertas *(Papercrete)* Dengan Bahan Serat Nylon".Hasil pengujian kuat lentur benda variasi penambahan nylon terhadap volume benda uji memperlihatkan nilai kuat lentur benda uji dengan penambahan nylon 0% = 0,25194 N/mm^2, dan penambahan nylon 0,3% = 0,2775 N/mm^2, penambahan nylon 0,75% = 0,26194 N/mm^2 dan penambahan nylon 1% = 0,26861 N/mm^2,sehingga nilai kuat lentur maksimal didapat pada benda uji dengan penambahan nylon 0,3 terhadap volume benda uji sebesar 0,2775 N/mm^2. Maka penambahan nylon terbukti memberikan dampak yang siknifikan pada kuat lentur yaitu 8-10 % di banding dengan benda uji tanpa bahan tambahan nylon.
3. Purnawan Gunawan dan kawan kawan (2015) "Pengaruh Penambahan Serat Nylon Pada Beton Dengan Teknologi Gas Terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, dan Modukus Elastisistas". Hasil pengujian diatas diperoleh nilai rata-rata kuat tarik belah berturut-turut dari kadar serat 0%; 0,25%; 0,5%; 0,75%; dan 1% dari berat volume beton yang diuji pada umur beton 28 hari berturut-turut adalah 2,00 MPa; 2,48 MPa; 2,62 MPa; 2,76 MPa; 2,92, penambahan serat nylon hingga 1% akan meningkatkan kuat tarik belah beton di umur 28 hari.
4. Desi Israini dan Aulia Rahman (2016) "Analisis Proporsi Bubur Kertas dan

Pasir Terhadap Sifat Mekanis Beton Kertas (Papercrete)". Hasil analisis data menunjukkan adanya pengaruh proporsi bubur kertas terhadap kuat tarik belah dan kuat tarik lentur beton kertas jika dibandingkan terhadap beton normal pembanding. Kuat tarik belah maksimal pada proporsi bubur kertas 40%, turun sebesar 33,235 % (21,254 kg/cm2) jika dibandingkan dengan kuat tarik beton normal pembanding sebesar 31,834 kg/cm2. Sedangkan untuk pengujian kuat tarik lentur, maksimal pada proporsi bubur kertas 30%, turun sebesar 31,774 % (47,025 kg/cm2) jika dibandingkan dengan kuat lentur beton normal pembanding sebesar 68,925 kg/cm2. Proporsi bubur kertas 30–40% memberikan kuat tarik belah dan kuat tarik lentur yang masih lebih rendah jika dibandingkan dengan beton normal pembanding.

5. Shanti Wahyuni Megasari dan kawan kawan (2016) "Karakteristik Beton Dengan Penambahan Limbah Serat Nylon dan Polimer Concrete". Penambahan serat yang terlalu banyak pada suatu campuran beton dapat menyebabkan terjadinya penurunan kuat tekan dan kuat tarik belah beton, dikarenakan semakin banyaknya jumlah serat dengan karakteristik permukaan nylon yang licin akan mengakibatkan kurang kuatnya ikatan antara material material penyusun beton.
6. Renaldi, Jasman, dan Adnan (2024) "Pemanfaatan Limbah Serat Plastik PET Terhadap Kuat Tekan Beton". Hasil pengujian menunjukkan bahwa kuat tekan pada beton normal memiliki nilai sebesar 25 MPa yang mencapai nilai kuat tekan rencana, sedangkan beton variasi 1% plastik PET sebesar 23 MPa, 2% plastik PET sebesar 21 MPa, dan 3% plastik PET sebesar 19 MPa yang

tidak mencapai nilai kuat tekan rencana. Hal ini menunjukkan bahwa limbah plastik PET yang dicampurkan dengan beton mengakibatkan penurunan kuat tekan beton dari beton normal.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Tinjauan Umum

Dalam suatu penelitian agar tujuan yang diharapkan tercapai, maka dilaksanakan dalam suatu metodologi. Metode penelitian merupakan langkah-langkah penelitian suatu masalah, kasus, gejala atau fenomena tertentu dengan jalan ilmiah untuk menghasilkan jawaban yang rasional.

Penelitian menggunakan metode eksperimen di laboratorium. Metode eksperimen adalah suatu penelitian yang mencari pengaruh variabel tertentu terhadap variabel yang lain dalam suatu kondisi yang terkontrol.

Dalam penelitian terdiri atas variabel bebas *(independent variable)* dan variabel terikat *(dependent variable)*. Variabel bebas berupa penambahan serat nylon terhadap volume beton dengan variable yang berbeda–beda yang akan di uji kuat tekan. Faktor-faktor lain seperti susunan gradasi agregrat, proporsi campuran bahan, dan perawatan.

B. Bahan dan Alat

1. Timbangan
   a. Timbangan dengan kapasitas 5 kg, ketelitian sampai 1,0 gram, digunakan untuk menimbang campuran.
   b. Timbangan dengan kapasitas 300 kg dengan ketelitian 0,1 kg, digunakan untuk menimbang berat benda uji.

2. Cetakan benda uji.
3. Alat untuk memeras bubur kertas
   a. Alat bantu
   b. Cetok semen
   c. Gelas ukur kapasitas 1000 ml digunakan untuk menakar air
   d. Ember, untuk tempat merendam sobekan kertas koran dan untuk mengaduk campuran.
   e. Alat bantu hitung *(kalkulator)*
   f. Compression machine *(alat ukur kuat tekan dan kuat tarik belah)*



Gambar 3. 1 Compression Machine (*Sumber: Dokumentasi Pribadi*)

C. Pembuatan Bubur Kertas

Kertas bekas yang digunakan dalam pembuatan bubur kertas adalah berbahan dasar kayu. Berdasarkan uji literature yang dilakukan sebelumnya, maka berikut adalah langkah- langkah :

1. Kertas yang akan dicampur air dipotong menjadi bagian-bagian kecil untuk memudahkan dalam penyerapan air.
2. Potongan kertas dimasukkan ke dalam ember berisi air dan direndam

selama sekurang-kurangnya 1 hari.

3. Kertas yang telah direndam kemudian diaduk dengan bor yang telah dipasangi dengan mata pengaduk.
4. Pengadukan dilakukan sampai diperoleh bubur kertas yang halus.

D. Pembuatan Benda Uji

Pembuatan campuran adukan mortar beton kertas dilakukan setelah menghitung proporsi masing-masing bahan yang dipergunakan, kemudian mencampur dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Mengambil bahan-bahan pembentuk beton kertas yaitu semen, pasir dan bubur kertas dengan campuran bubur kertas sebagai bahan subtitusi parsial agregat halus sebanyak 0%; 10%; dan 20% dari jumlah pasir
2. Mencampur semen, air, kertas dalam ember dengan alat bor pencampur. Hal ini dimaksudkan agar semen dan kertas dapat tercampur secara sempurna.
3. Memasukkan adukan ke dalam alat silinder diameter 15cm tinggi 30cm. Adukan dimasukkan ke dalam cetakan secara berlapis dan dalam penelitian ini sebanyak 3 lapis dengan berat yang sama dengan memberikan beban yang sama
4. Menambahkan nylon pada adukan dengan persentase serat nylon 0%, 0.3%, dan 1%, dari jumlah pasir., masing- masing berjumlah 3 benda uji untuk setiap satu variasi serat nylon.
5. Alat cetak dibuka setelah mengeras, pada penelitian ini dibuka pada umur 1 hari dilanjutkan dengan perendaman.

Tabel 3. 1 Variasi Benda Uji Kuat Tekan

Kode benda uji	Variasi Kertas (K) & Nylon(N)	Hari			Jumlah Benda Uji
		7	14	28	
BN	0% (K) 0% (N)	3	3	3	9
BK	10% (K) 0% (N)	3	3	3	9
BNy0,5%	0% (K) 0,5% (N)	3	3	3	9
BNy1,0%	0% (K) 1,0% (N)	3	3	3	9
BNy1,5%	0% (K) 1,5% (N)	3	3	3	9
BKNy0,5%	10% (K) 0,5% (N)	3	3	3	9
BKNy1,0%	10% (K) 1,0% (N)	3	3	3	9
BKNy1,5%	10% (K) 1,5% (N)	3	3	3	9
Total					**63**

Tabel 3. 2 Variasi Benda Uji Kuat Lentur

Kode benda uji	Variasi Kertas (K) & Nylon(N)	Umur (Hari)	Jumlah Benda Uji
		28	
BN	0% (K) 0% (N)	2	2
BK	10% (K) 0% (N)	2	2
BNy0,5%	0% (K) 0,5% (N)	2	2
BNy1,0%	0% (K) 1,0% (N)	2	2
BNy1,5%	0% (K) 1,5% (N)	2	2
BKNy0,5%	10% (K) 0,5% (N)	2	2
BKNy1,0%	10% (K) 1,0% (N)	2	2
BKNy1,5%	10% (K) 1,5% (N)	2	2
Total			**14**

E. Tahapan Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap penelitian, dimulai dari pemilihan material *(semen, pasir, air dan nylon)*, pengujian material,pembuatan benda uji, pengujian benda uji, analisis data dan penarikan kesimpulan hasil penelitian.

Sebagai penelitian ilmiah, maka penelitian ini harus dilaksanakan dalam sistematika yang jelas dan teratur, sehingga diperoleh hasil yang memuaskan dan dapat dipertanggungjawabkan. Oleh karena itu, pelaksanaan penelitian dibagi dalam beberapa tahap.

1. Tahap Persiapan Bahan

Pada tahap ini seluruh bahan dan peralatan yang akan digunakan dipersiapkan terlebih dahulu agar penelitian dapat berjalan dengan lancar. Pembuatan cetakan benda uji juga dilakukan pada tahap ini.

a. Air
b. Limbah Kertas
c. Pasir Pasang Sungai
d. Serat Nylon

2. Tahap Uji Bahan

Pada tahap ini dilakukan pengujian terhadap bahan penyusun beton dan mortar yang meliputi semen, pasir dan krikil. Dari pengujian-pengujian ini dapat diketahui apakah bahan yang akan digunakan untuk penelitian tersebut memenuhi syarat atau tidak.

3. Tahap Pembuatan Benda Uji

Pada tahap ini dilakukan pekerjaan sebagai berikut:

a. Penetapan campuran beton dan pembuatan adukan beton.
b. Pengecoran ke dalam cetakan kubus.
c. Pelepasan benda uji dari cetakan.

4. Tahap Pengujian Benda Uji

Pada tahap ini di lakukan pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah. Pengujian ini dilakukan terhadap benda uji yang telah berumur 3, 14, dan 28 hari.

5. Tahap Analisis Data dan Pembahasan

Pada tahap ini dilakukan perhitungan hasil pengujian benda uji, yaitu mengetahui kuat tekan dan kuat tarik belah beton kertas dengan variasi penambahan nylon.

6. Tahap Kesimpulan

Pada tahap ini, dibuat suatu kesimpulan yang berhubungan dengan tujuan penelitian berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan pada tahap sebelumnya.

7. Tahap Pengujian

Untuk melaksanakan pengujian kuat tekan beton harus diikuti beberapa tahapan sebagai berikut :

d. Letakkan benda uji pada mesin tekan secara centris.
e. Jalankan mesin tekan dengan penambahan beban yang konstan berkisar antara 2 sampai 4 kg/ cm^2 per detik.
f. Lakukan pembebanan sampai benda uji menjadi hancur dan catatlah beban maksimum yang terjadi selama pemeriksaan benda uji.

g. Gambar bentuk pecah dan catatlah keadaan benda uji.

b. Tahap Perhitungan

Pada uji kuat tekan beton ada dua macam perhitungan sebagaiberikut :

a. Kuat tekan

Untuk menghitung kuat tekan

b. Kuat lentur

Untuk menghitung kuat lentur

c. Kesimpulan

Pada kesimpulan penelitian ini ditarik dari hasil tahap tahap yang di lakukan dengan cara membandingkan variasi benda uji sebagai berikut.

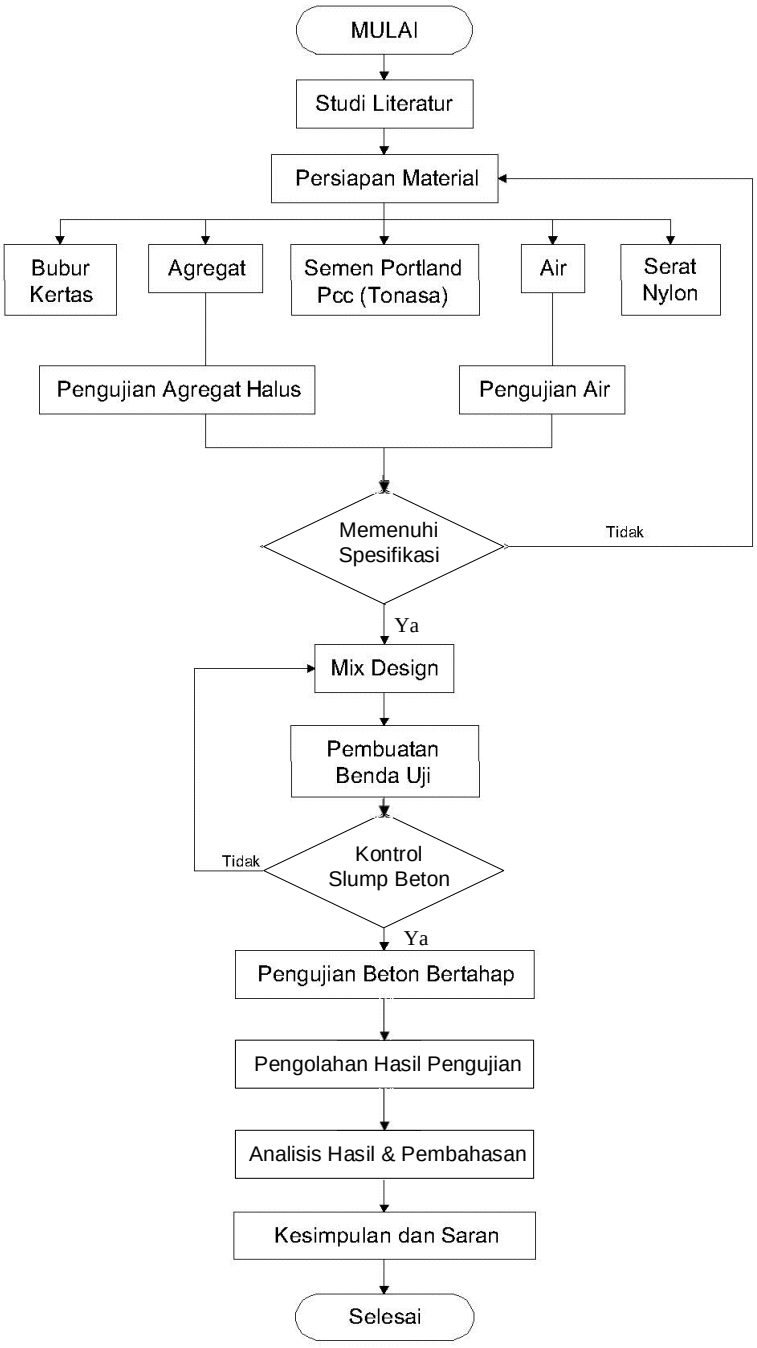
a. Perbandingan campuran

b. Berat

c. Beban maksimum

d. Umur *(Hari)*

F. Bagan Alur Penelitian



Gambar 3. 2 Bagan Alir Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian Agregat

Pengujian agregat berdasarkan pada SNI (Standar Nasional Indonesia) dilakukan terhadap agregat kasar dan agregat halus. Hasil rekapitulasi masing-masing pengujian ditunjukan dalam tabel di bawah ini.

1. Agregat Kasar

Tabel 4. 1 Rekapitulasi hasil pengujian agregat kasar (*Sumber:Data Pengujian 2021)*

NO.	KARAKTERISTIK AGREGAT	INTERVAL	NILAI RATA-RATA	KETERANGAN
1	Kadar lumpur	Maks 1%	0.92%	Memenuhi
2	Keausan	Maks 50%	24.9%	Memenuhi
3	Kadar air	0,5% - 2%	0.68%	Memenuhi
4	Berat volume			
	a. Kondisi lepas	1,6 - 1,9 kg/liter	1.50	Tidak
	b. Kondisi padat	1,6 - 1,9 kg/liter	1.74	Memenuhi
5	Absorpsi	Maks 4 %	2.67%	Memenuhi
6	Berat jenis spesifik			
	a. Bj. nyata	1,6 - 3,3	2.75	Memenuhi
	b. Bj. dasar kering	1,6 - 3,3	2.56	Memenuhi
	c. Bj. kering permukaan	1,6 - 3,3	2.63	Memenuhi
7	Modulus kehalusan	6,0 - 8,0	6.51	Memenuhi

Dari pengujian agregat kasar diatas didapatkan hasil sebagai berikut.

a. Kadar Lumpur

Dari pengujian kadar lumpur agregat kasar diatas didapatkan hasil **0.92%** yang

nilainya lebih kecil dari 1% sehingga agregat kasar perlu dicuci sebelum dijadikan bahan campuran beton.

b. Keausan Agregat

Dari pengujian tingkat keausan agregat kasar menggunakan mesin *Los Angeless* diatas didapatkan hasil **24.9%** yang nilainya lebih kecil dari 50% sehingga aregat kasar dapat dijadikan bahan campuran beton.

c. Kadar Air

Dari pengujian kadar air diatas didapatkan hasil **0,68 %** yang nilainya lebih kecil dari 2 % sehingga aregat kasar dapat digunakan pada campuran beton.

d. Berat Volume

Dari pengujian berat volume rongga agregat kasar didapatkan hasil **1,5** yang nilainya dibawah dari interval. Hal ini disebabkan karena ukuran agregat kasar yang tidak seragam dan cenderung lebih besar sehingga mengakibatkan banyaknya ronnga sedangkan pada pengujian berat volume padat didapatkan hasil **1,74** yang nilainya masih dalam interval 1,6 – 1,9 kg/liter sehingga aregat kasar dapat dijadikan bahan campuran beton.

e. Penyerapan Air

Dari pengujian penyerapan air agregat kasar diatas didapatkan hasil **2,67%** yang nilainya masih dalam interval maksimum 4 % sehingga aregat kasar dapat dijadikan bahan campuran beton.

f. Berat Jenis

Dari pengujian berat jenis nyata didapatkan hasil **2.75**. Berat jenis kering didapatkan nilai sebesar **2,56**. Dan untuk berat jenis kering permukaan didapatkan

hasil pengujian sebesar **2.63** yang keseluruhan nilainya masih dalam interval 1,6–3,3 sehingga aregat kasar dapat dijadikan bahan campuran beton.

g. Modulus Kehalusan

Berdasarkan spesifikasi karakteristik agregat kasar SNI, interval untuk modulus kehalusan yaitu berada antara 6,0-8,0. Sedangkan hasil yang diperoleh dari penelitian yaitu **6,51** adalah sesuai dengan spesifikasi. Jadi agregat tersebut dapat digunakan dalam campuran beton.

2. Agregat Halus

Tabel 4. 2 Rekapitulasi pengujian agregat halus (*Sumber:Data Pengujian 2021)*

NO.	KARAKTERISTIK AGREGAT	INTERVAL	NILAI RATA-RATA	KETERANGAN
1	Kadar lumpur	Maks 5%	3.23%	Memenuhi
2	Kadar organik	< No. 3	1	Memenuhi
3	Kadar air	2% - 5%	2.19%	Memenuhi
4	Berat volume			
	a. Kondisi lepas	1,4 - 1,9 kg/liter	1.40	Memenuhi
	b. Kondisi padat	1,4 - 1,9 kg/liter	1.50	Memenuhi
5	Absorpsi	0,2% - 2%	1.35%	Memenuhi
6	Berat jenis spesifik			
	a. Bj. Nyata	1,6 - 3,3	2.51	Memenuhi
	b. Bj. dasar kering	1,6 - 3,3	2.43	Memenuhi
	c. Bj. kering permukaan	1,6 - 3,3	2.46	Memenuhi
7	Modulus kehalusan	1,50 - 3,80	3.25	Memenuhi

Dari pengujian agregat halus diatas didapatkan hasil sebagai berikut.

a. Kadar Lumpur

Dari pengujian kadar lumpur agregat halus diatas didapatkan hasil **3,23%**

yang nilainya lebih kecil dari 5% sehingga aregat halus dapat dijadikan bahan campuran beton.

b. Kadar Organik

Dari pengujian tingkat kadar organik agregat halus diatas didapatkan hasil kadar organik berada di No.1 yang nilainya lebih kecil dari No.3 sehingga aregat halus dapat dijadikan bahan campuran beton.

c. Kadar Air

Dari pengujian kadar air diatas didapatkan hasil **2,19%** yang nilainya lebih kecil dari 5% sehingga aregat halus dapat digunakan pada campuran beton.

d. Berat Volume

Dari pengujian berat volume rongga agregat halus didapatkan hasil **1,40** sedangkan pada pengujian berat volume padat didapatkan hasil **1,50** yang keseluruhan nilainya masih dalam interval 1,6 – 1,9 kg/liter sehingga aregat halus dapat dijadikan bahan campuran beton.

e. Penyerapan Air

Dari pengujian penyerapan air agregat kasar diatas didapatkan hasil **1,35%** yang nilainya masih dalam interval maksimum 2% sehingga aregat halus dapat dijadikan bahan campuran beton.

f. Berat Jenis

Dari pengujian berat jenis nyata didapatkan hasil **2,51.** Berat jenis kering didapatkan nilai sebesar **2,43.** Dan untuk berat jenis kering permukaan didapatkan hasil pengujian sebesar **2,46** yang keseluruhan nilainya masih dalam interval 1,6– 3,3 sehingga aregat kasar dapat dijadikan bahan campuran

beton.

g. Modulus Kehalusan

Berdasarkan spesifikasi karakteristik agregat halus SNI, interval untuk modulus kehalusan yaitu berada antara 1,5-3,8. Sedangkan hasil yang diperoleh dari penelitian yaitu **3,25** adalah sesuai dengan spesifikasi. Jadi agregat tersebut dapat digunakan dalam campuran beton.

B. Perencanaan Adukan Beton (Mix Design)

Perencanaan adukan beton dihitung menggunakan metode **SNI 7656:2012** dengan hasil data sebagai berikut :

Tabel 4. 3 Mix design berdasarkan SNI 7656:2012

No	**Uraian**	
1	Kuat tekan karakteristik umur 28 hari (fc')	25 MPa
5	Jenis semen (PC)	Jenis I
6	Jenis agregat halus	Alami
8	Jenis agregat kasar	Pecah
9	Faktor air semen (FAS)	0,52
10	Slump (untuk plat, balok, kolom, dinding)	75 - 100 mm
11	Ukuran agregat maksimum	30 mm
12	Kebutuhan air	188,2 liter
13	Kebutuhan semen Portland	361,92 kg/m3
14	Daerah gradasi agregat halus	Zona 2
15	Berat jenis beton	2299.3 kg/m3
16	Kebutuhan agregat halus	719.9 kg/m3
17	Kebutuhan agregat kasar	1029,2 kg/m3

Maka didapatkan perbandingan kebutuhan semen, kerikil, pasir, dan air untuk 1 m^3 adalah :

1. Semen = 361,92 kg

2. Kerikil = 1029,2 kg
3. Pasir = 719.9 kg4.
4. Air = 188,2 kg
5. Kertas 10% dari volume pasir
6. Nylon 0,5 %, 1,0%, dan 1,5 % dari volume silinder

Analisa kebutuhan semen, kerikil, pasir, dan air untuk 36 benda uji berbentuk silinder dengan diameter 150 mm dan panjang 300 mm.

1. Volume 9 selinder $= 9 \times \frac{1}{} \times \pi \times 0{,}15^2 \times 0{,}30$

   $= 0{,}0477\ m^3$

   Sehingga kebutuhan untuk 9 silinder adalah :

   Semen = 0,0477 x 361,92 Kg

   = 17,26 Kg

   Kerikil = 0,0477 x 1029,2 Kg

   = 49,09 Kg

   Pasir = 0,0477 x 765,65 Kg

   = 36,52 Kg

   Air = 0,0477 x 188,2 Kg

   = 8,98 Kg

2. Kebutuhan limbah kertas untuk 9 silinder

   a. Diketahui :

      1) BJ. Pasir = 2460 kg/m^3
      2) BV. Kertas = 950 kg/m^3
      3) Berat beton 1 m^3 = Semen + Pasir + Kerikil + Air

= 361,92 + 765,65 +1029,2 + 188,2

= 2344,97 kg

4) Volume Pasir = Berat Pasir / Berat beton 1 m^3

= 765,65 / 2344,97

= 0,327

b. Kebutuhan 10 % kertas per variasi untuk 9 Silinder beton

Berat Kertas = 10 % x V. Pasir x V. Silinder xBV. Kertas

= 0,1 x 0,327 x 0,0477 x 950

= 1,482 kg

Berat Pasir = 90 % x V. Pasir x V. Silinder xB J. Pasir

= 0,9 x 0,327 x 0,0477 x 2460

= 34,534 kg

3. Kebutuhan serat nylon untuk 9 silinder

a. Diketahui :

1) BV. Serat Nylon = 300 kg/m^3

2) Volume 9 selinder= $9 \underline{x}\ ^{1} \times \pi \times 0{,}15^{2} \times 0{,}30$

= 0,0477 m^3

b. Kebutuhan serat nylon per variasi untuk 9 Silinder beton

1) Variasi 0,5 %

Berat Nylon = 0,5 % x V. Silinder x BV. Nylon

= 0,005 x 0,0477 x 300

= 0,0021 kg

2) Variasi 1,0 %

Berat Nylon = 1,0 % x V. Silinder x BV. Nylon

= 0,01 x 0,0477 x 300

= 0,0042 kg

3) Variasi 1,5 %

Berat Nylon = 1,5 % x V. Silinder x BV. Nylon

= 0,015 x 0,0477 x 300

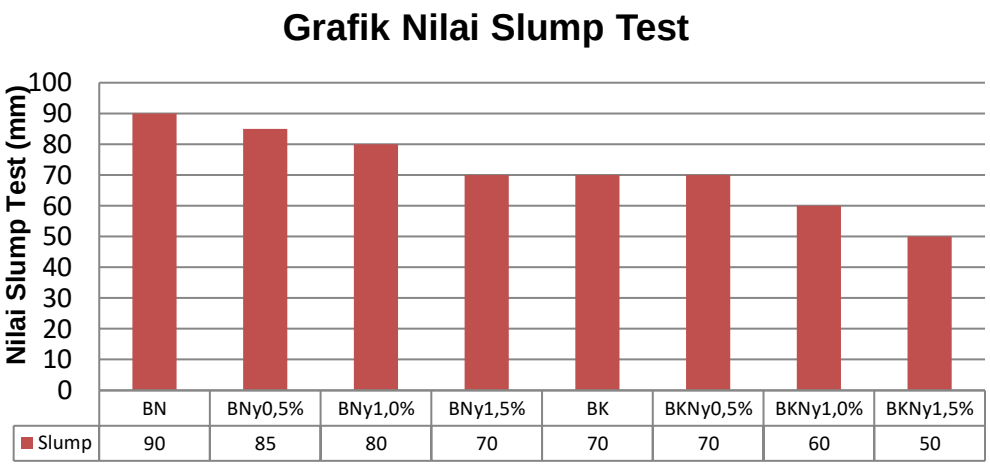
= 0,0063 kg

Tabel 4.4 *Mix design* kebutuhan bahan untuk 9 silinder (*Sumber:Data Pengujian 2021)*

No	Variasi Campuran (%)	Semen (Kg)	Kerikil (Kg)	Pasir (Kg)	Air (Kg)	Bubur kertas (Kg)	Serat Nylon (Kg)
1	BN	17,26	49,09	36,52	8,98	0,00	0
2	BNy0,5%	17,26	49,09	36,52	8,98	0,00	0,0021
3	BNy1,0%	17,26	49,09	36,52	8,98	0,00	0,0042
4	BNy1,5%	17,26	49,09	36,52	8,98	0,00	0,0063
5	BK	17,26	49,09	34,53	8,98	1,48	0
6	BKNy0,5%	17,26	49,09	34,53	8,98	1,48	0,0021
7	BKNy1,0%	17,26	49,09	34,53	8,98	1,48	0,0042
8	BKNy1,5%	17,26	49,09	34,53	8,98	1,48	0,0063

C. Nilai Slump

Pada penelitian ini, pemeriksaan nilai slump yang dilakukan diperoleh hasil seperti gambar dibawah ini. Secara umum dapat dikatakan bahwa semakin tinggi nilai slump pada adukan beton, maka nilai *workability* akan semakin menurun.



Gambar 4. 1 Hubungan antara variasi campuran dengan nilai slump

Dari pengujian slump diatas, tampak bahwa nilai slump turun pada subtitusi kertas sebagai agregat halus dalam campuran beton dan penambahan serat nylon mengakibat penurunan nilai slump seiring bertambahnya variasi serat nylon dalam campuran, hal ini dikarenakan sifat kertas dan serat nylon yang memiliki penyerapan air yang tinggi sehingga mengakibatkan nilai slump atau kelecekan pada campuran beton berkurang.

D. Kuat Tekan

Setelah melakukan pembuatan dan perawatan benda uji, selanjutnya dilakukan pengujian kuat tekan benda uji tersebut. Pengujian kuat tekan dilakukan pada saat benda uji berumur 7 hari, 14 hari dan 28 hari dengan sebanyak 27 sampel. Yang terdiri dari 3 variasi campuran bubuk kertas 10% dengan variasi nylon sebesar 0,5%, 1,0% dan 1,5%. Untuk masing-masing variasi campuran dibuat 3 sampel untuk kuat tekan silinder dengan ukuran benda uji 15 x 30 cm. Sebelum melakuksan uji kuat tekan beton maka terlebih dahulu melakukan penimbangan benda uji untuk setiap variasi yang akan dijadikan sampel uji.

Adapun hasil dari pengujian kuat tekan yang terdiri dari beton normal dan 3 variasi campuran bubur kertas dan tambahan serat nylon dengan 3 hari perawatan adalah sebagai berikut :

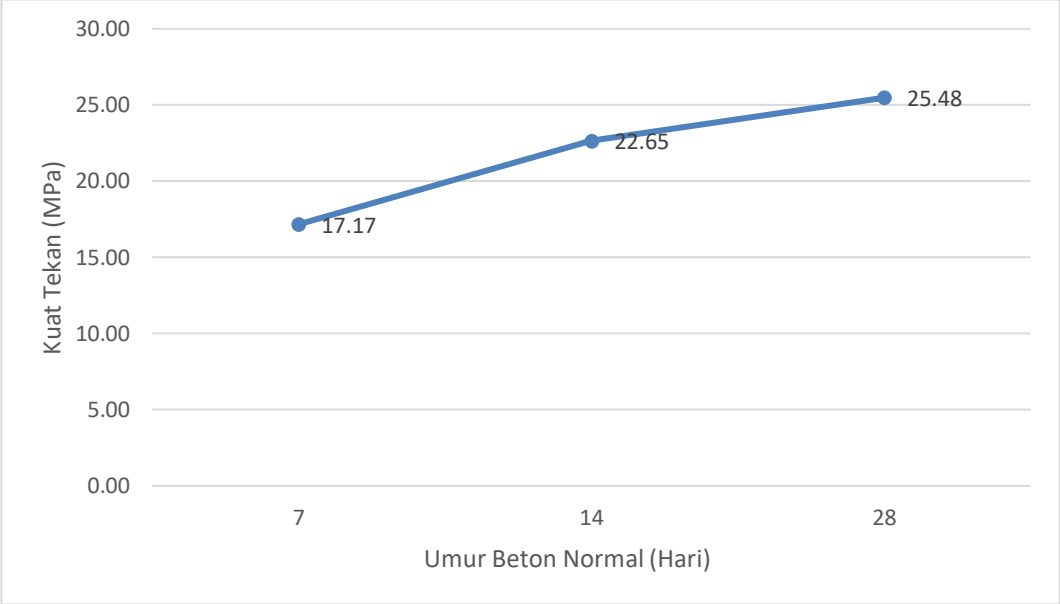
1. Beton normal

Berdasarkan hasil penelitian, kuat tekan rata-rata pada beton normal yang didapat pada pengujian 7, 14 dan 28 hari ialah sebagai berikut:

Tabel 4. 4 Rekap hasil kuat tekan beton normal (*Sumber:Data Pengujian 2021)*

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (kN)	Kuat Tekan f'c (Mpa)	Rata-rata Kuat Tekan (Mpa)
1	7 Hari	12.180	300.0	16.99	17.17
2		12.260	320.0	18.12	
3		12.420	290.0	16.42	
4	14 Hari	12.204	400.0	22.65	22.65
5		12.459	390.0	22.08	
6		12.378	410.0	23.21	
7	28 Hari	12.277	445.0	25.19	25.48
8		12.408	450.0	25.48	
9		12.482	455.0	25.76	

Pada pengujian sampel uji beton normal dengan silinder ukuran 15 x 30 cm dengan jumlah sampel 3 buah didapat kuat tekan dengan rata-rata 17,17 MPa untuk umur 7 hari, 22,65 MPa untuk umur 14 hari, dan 25,48 MPa untuk umur 28 hari, memenuhi kuat tekan yang diinginkan dengan grafik sebagai berikut:



Gambar 4. 2 Grafik pengujian kuat tekan beton normal (*Sumber:Data Pengujian 2021)*

Pada grafik diatas dapat dijelaskan bahwa beton normal mengalami peningkatan kuat tekan dari umur 7 hari ke umur 14 hari sebesar 5,48 MPa sedangkan untuk umur 14 hari ke 28 hari mengalami peningkatan kuat tekan sebesar 2,83 Mpa

2. Beton 0,5% Nylon

Berdasarkan hasil penelitian, kuat tekan rata-rata pada beton 0,5% Nylon yang didapat pada pengujian 7, 14 dan 28 hari ialah sebagai berikut:

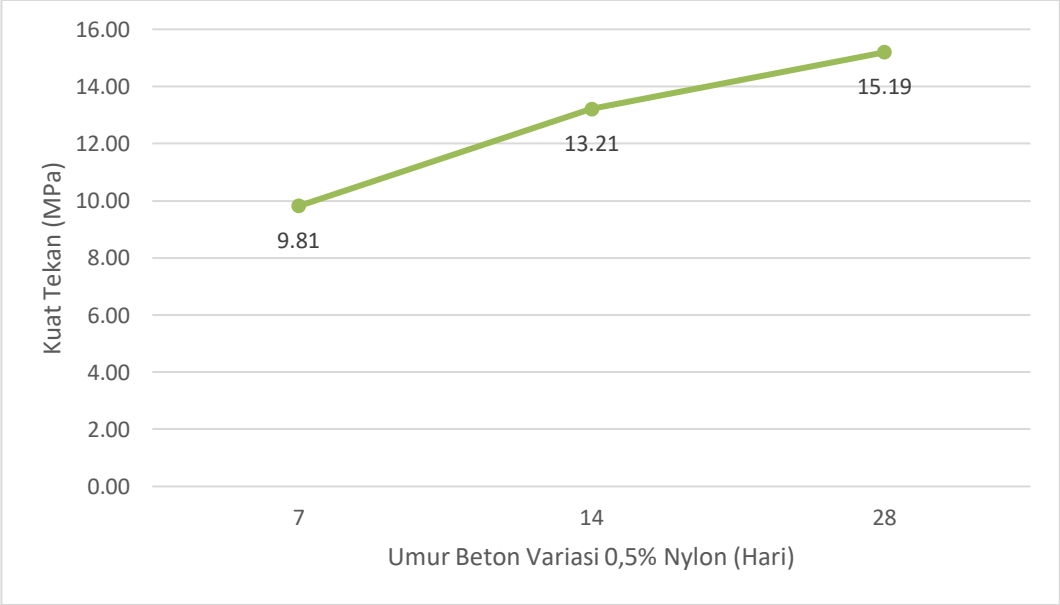
Tabel 4. 5 Rekap hasil kuat tekan beton variasi 0,5% nylon (*Sumber:Data Pengujian 2021)*

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (kN)	Kuat Tekan f'c (Mpa)	Rata-rata Kuat Tekan (Mpa)
1	7 Hari	12.180	170.0	9.62	9.81
2		12.260	175.0	9.91	
3		12.420	175.0	9.91	

Lanjutan **Tabel 4.5**

4	14 Hari	12.204	230.0	13.02	13.21
5		12.459	235.0	13.31	
6		12.378	235.0	13.31	
7	28 Hari	12.277	270.0	15.29	15.19
8		12.408	265.0	15.00	
9		12.482	270.0	15.29	

Pada pengujian sampel uji dengan 0,5% nylon dengan silinder ukuran 15 x 30 cm dengan jumlah sampel 3 buah didapat kuat tekan dengan rata-rata 9,81 MPa untuk umur 7 hari, 13,21 MPa untuk umur 14 hari, dan 15,19 MPa untuk umur 28 hari dengan grafik sebagai berikut:



Gambar 4. 3 Grafik pengujian kuat tekan variasi 0,5 % nylon (*Sumber:Data Pengujian 2021)*

Pada grafik diatas dapat dijelaskan bahwa beton dengan 0,5% nylon mengalami peningkatan kuat tekan dari umur 7 hari ke umur 14 hari sebesar 3,40 MPa sedangkan untuk umur 14 hari ke 28 hari mengalami peningkatan kuat tekan

sebesar 1,98 Mpa

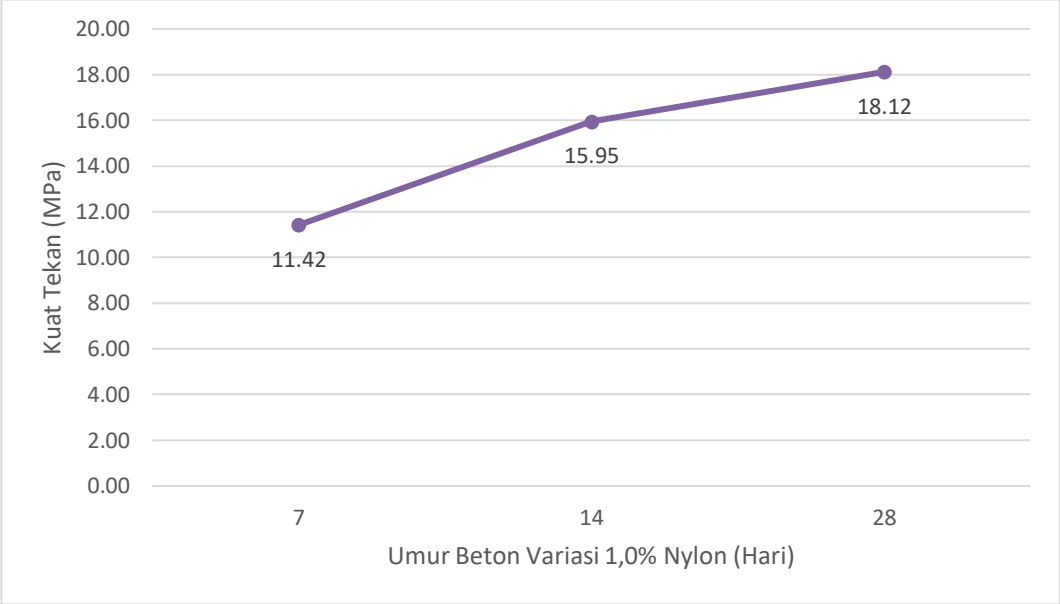
3. Variasi 1,0% Nylon

Berdasarkan hasil penelitian, kuat tekan rata-rata pada beton 1,0 % nylon yang didapat pada pengujian 7, 14 dan 28 hari ialah sebagai berikut:

Tabel 4. 6 Rekap hasil kuat tekan beton variasi 1,0 % nylon (*Sumber:Data Pengujian 2021)*

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (kN)	Kuat Tekan f'c (Mpa)	Rata-rata Kuat Tekan (Mpa)
1	7 Hari	12.180	200.0	11.32	11.42
2		12.260	195.0	11.04	
3		12.420	210.0	11.89	
4	14 Hari	12.348	290.0	16.42	15.95
5		12.446	285.0	16.14	
6		12.289	270.0	15.29	
7	28 Hari	12.402	315.0	17.83	18.12
8		12.560	325.0	18.40	
9		12.134	320.0	18.12	

Pada pengujian sampel uji dengan 1,0% nylon dengan ukuran 15 x 30 cm dengan jumlah sampel 3 buah didapat kuat tekan dengan rata-rata 11,42 MPa untuk umur 7 hari, 15,95 MPa untuk umur 14 hari, dan 18,12 MPa untuk umur 28 hari dengan grafik sebagai berikut:



Gambar 4. 4 Grafik pengujian kuat tekan variasi 1,0% nylon (*Sumber:Data Pengujian 2021)*

Pada grafik diatas dapat dijelaskan bahwa beton dengan 1,0% nylon mengalami peningkatan kuat tekan dari umur 7 hari ke umur 14 hari sebesar 4,53 MPa sedangkan untuk umur 14 hari ke 28 hari mengalami peningkatan kuat tekan sebesar 2,17 MPa.

4. Variasi 1,5% Nylon

Berdasarkan hasil penelitian, kuat tekan rata-rata pada beton 1,5 % nylon yang didapat pada pengujian 7, 14 dan 28 hari ialah sebagai berikut:

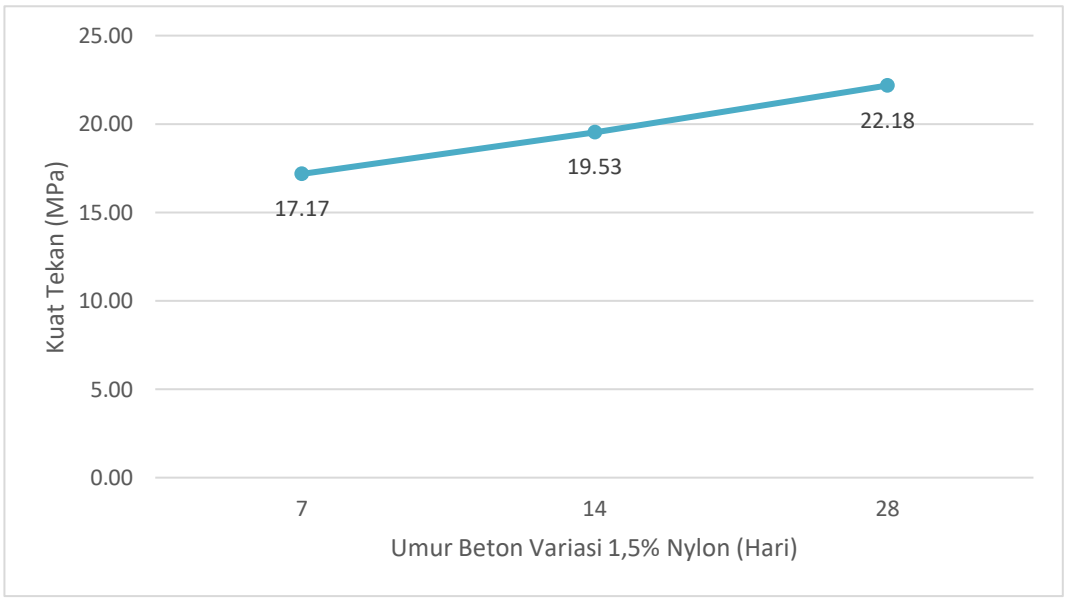
Tabel 4. 7 Rekap hasil kuat tekan beton variasi 1,5 % nylon (*Sumber:Data Pengujian 2021)*

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (kN)	Kuat Tekan f'c (Mpa)	Rata-rata Kuat Tekan (Mpa)
1	7 Hari	12.180	300.0	16.99	17.17
2		12.260	320.0	18.12	
3		12.420	290.0	16.42	

Lanjutan **Tabel 4.7**

4	14 Hari	12.204	350.0	19.82	19.53
5		12.459	340.0	19.25	
6		12.378	345.0	19.53	
7	28 Hari	12.277	390.0	22.08	22.18
8		12.408	385.0	21.80	
9		12.482	400.0	22.65	

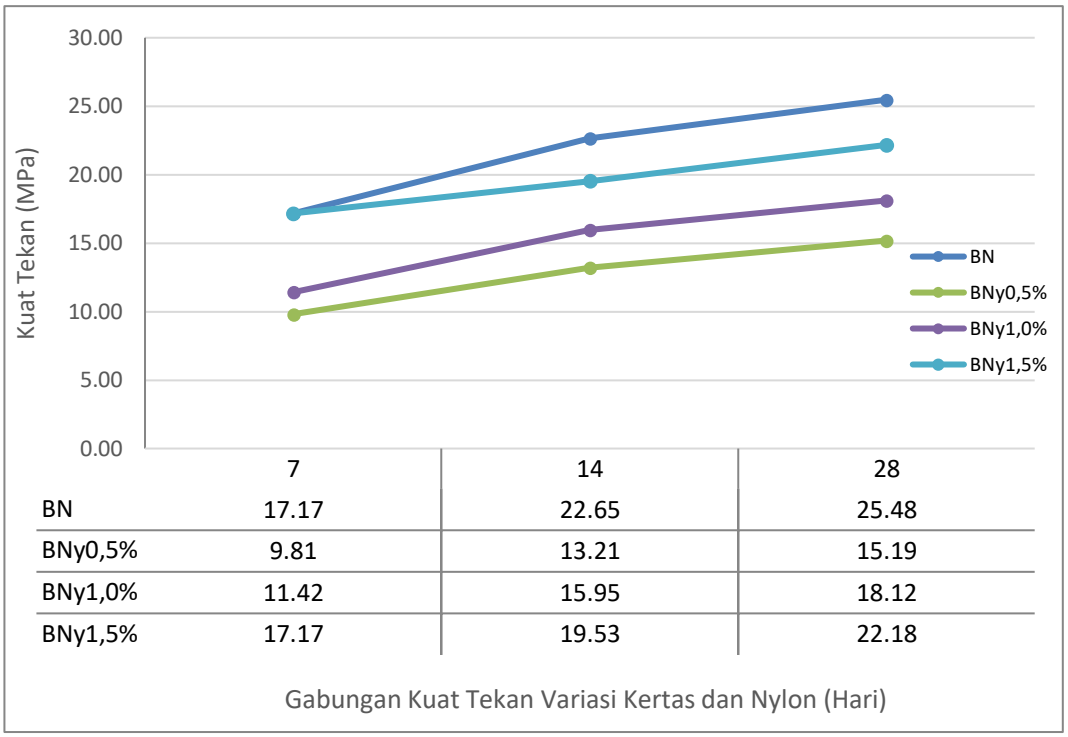
Pada pengujian sampel uji dengan 1,5 % nylon dengan silinder ukuran 15 x 30 cm dengan jumlah sampel 3 buah didapat kuat tekan dengan rata-rata 17,17 MPa untuk umur 7 hari, 19,53 MPa untuk umur 14 hari, dan 22,18 MPa untuk umur 28 hari dengan grafik sebagai berikut:



Gambar 4. 5 Grafik pengujian kuat tekan variasi 1,5 % nylon (*Sumber:Data Pengujian 2021)*

Pada grafik diatas dapat dijelaskan bahwa beton dengan 1,5 % nylon mengalami peningkatan kuat tekan dari umur 7 hari ke umur 14 hari sebesar 2,36 MPa sedangkan untuk umur 14 hari ke 28 hari mengalami peningkatan kuat tekan

sebesar 2,65 Mpa



	7	14	28
BN	17.17	22.65	25.48
BNy0,5%	9.81	13.21	15.19
BNy1,0%	11.42	15.95	18.12
BNy1,5%	17.17	19.53	22.18

Gabungan Kuat Tekan Variasi Kertas dan Nylon (Hari)

Gambar 4. 6 Rekapitulasi kuat tekan variasi kertas dan nylon (*Sumber:Data Pengujian 2021)*

Pada grafik diatas dapat dijelaskan bahwa kuat tekan beton dengan persentase 0,5% nylon mengalami penurunan kuat tekan pada umur 28 hari sebesar 10,29 MPa atau 40,4 % dari beton normal, persentase 1,0% nylon mengalami penurunan kuat tekan pada umur 28 hari sebesar 7,36 MPa atau 28,9 % dari beton normal, dan persentase 1,5% nylon mengalami penurunan kuat tekan pada umur 28 hari sebesar 3,3 MPa atau 13% dari beton normal.

Dari uraian diatas dapat disimpulkan bahwa penggunaan kertas sebagai subtitusi dari agregat halus pada beton dapat mengakibatkan penurunan kuat tekan beton sedangkan pada penambahan serat nylon mengakibatkan penurunan kuat tekan beton namun semakin bertambahnya variasi serat nylon mengakibatkan peningkatan kuat tekan beton.

E. Pengaruh Penambahan Serat Nylon Terhadap Kuat Tekan Beton Subtitusi Kertas

Setelah melakukan pengujian kuat tekan benda uji berdasarkan masing-masing variasi kertas dan serat nylon selanjutnya dilakukan pengujian kuat tekan pada penggabungan kertas dan serat nylon pada campuran beton. Pengujian kuat tekan dilakukan pada saat benda uji berumur 7 hari, 14 hari dan 28 hari dengan sebanyak 27 sampel. Yang terdiri dari 3 variasi gabungan campuran bubur kertas 10 % dan serat nylon sebesar 0,5%, 1,0% dan 1,5%.

Adapun hasil dari pengujian kuat tekan yang terdiri dari 3 variasi campuran bubur kertas dan tambahan serat nylon dengan 3 hari perawatan adalah sebagai berikut :

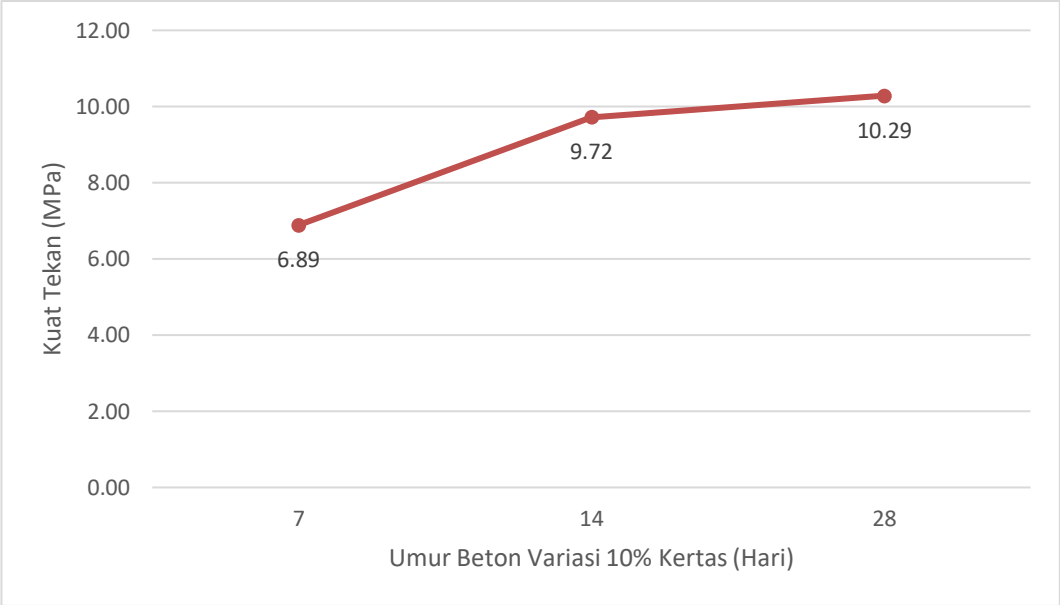
1. Variasi 10% Bubur kertas

Berdasarkan hasil penelitian, kuat tekan rata-rata pada beton 10% Bubur kertas yang didapat pada pengujian 7, 14 dan 28 hari ialah sebagai berikut:

Tabel 4. 8 Rekap hasil kuat tekan beton variasi 10% bubur kertas (*Sumber: Data Pengujian 2021)*

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (kN)	Kuat Tekan f'c (Mpa)	Rata-rata Kuat Tekan (Mpa)
1	7 Hari	12.180	120.0	6.79	6.89
2		12.260	120.0	6.79	
3		12.420	125.0	7.08	
4	14 Hari	12.348	180.0	10.19	9.72
5		12.446	170.0	9.62	
6		12.289	165.0	9.34	
7	28 Hari	12.402	190.0	10.76	10.29
8		12.560	170.0	9.62	
9		12.134	185.0	10.47	

Pada pengujian sampel uji dengan 10% bubur kertas dengan ukuran 15 x 30 cm dengan jumlah sampel 3 buah didapat kuat tekan dengan rata-rata 6,89 MPa untuk umur 7 hari, 9,72 MPa untuk umur 14 hari, dan 10,29 MPa untuk umur 28 hari dengan grafik sebagai berikut:



Gambar 4. 7 Grafik pengujian kuat tekan variasi 10% kertas (*Sumber:Data Pengujian 2021)*

Pada grafik diatas dapat dijelaskan bahwa beton dengan 10% bubur kertas mengalami peningkatan kuat tekan dari umur 7 hari ke umur 14 hari sebesar 2,83 MPa sedangkan untuk umur 14 hari ke 28 hari mengalami peningkatan kuat tekan sebesar 0,57 MPa.

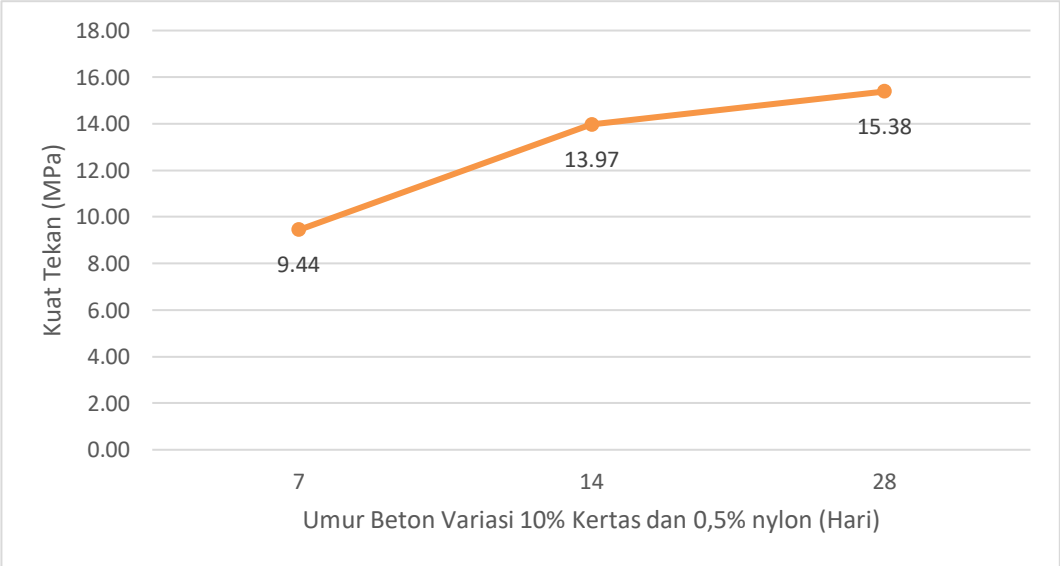
2. Variasi 10% kertas dan 0,5% Nylon

Berdasarkan hasil penelitian, kuat tekan rata-rata pada beton 10% kertas dan 0,5 % nylon yang didapat pada pengujian 7, 14 dan 28 hari ialah sebagai berikut:

Tabel 4. 9 Rekap hasil kuat tekan beton variasi 10% kertas dan 0,5% nylon (*Sumber:Data Pengujian 2021)*

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (kN)	Kuat Tekan f'c (Mpa)	Rata-rata Kuat Tekan (Mpa)
1	7 Hari	12.180	180.0	10.19	9.44
2		12.260	150.0	8.49	
3		12.420	170.0	9.62	
4	14 Hari	12.348	250.0	14.15	13.97
5		12.446	245.0	13.87	
6		12.289	245.0	13.87	
7	28 Hari	12.402	265.0	15.00	15.38
8		12.560	270.0	15.29	
9		12.134	280.0	15.85	

Pada pengujian sampel uji dengan 10% kertas dan 0,5% nylon dengan ukuran 15 x 30 cm dengan jumlah sampel 3 buah didapat kuat tekan dengan rata-rata 9,44 MPa untuk umur 7 hari, 13,97 MPa untuk umur 14 hari, dan 15,38 MPa untuk umur 28 hari, memenuhi kuat tekan yang diinginkan dengan grafik sebagai berikut:



Gambar 4. 8 Grafik pengujian kuat tekan variasi 10% kertas dan 0,5% nylon (*Sumber:Data Pengujian 2021)*

Pada grafik diatas dapat dijelaskan bahwa beton dengan 10% kertas dan 0,5% nylon mengalami peningkatan kuat tekan dari umur 7 hari ke umur 14 hari sebesar 4,53 MPa sedangkan untuk umur 14 hari ke 28 hari mengalami peningkatan kuat tekan sebesar 1,41 MPa.

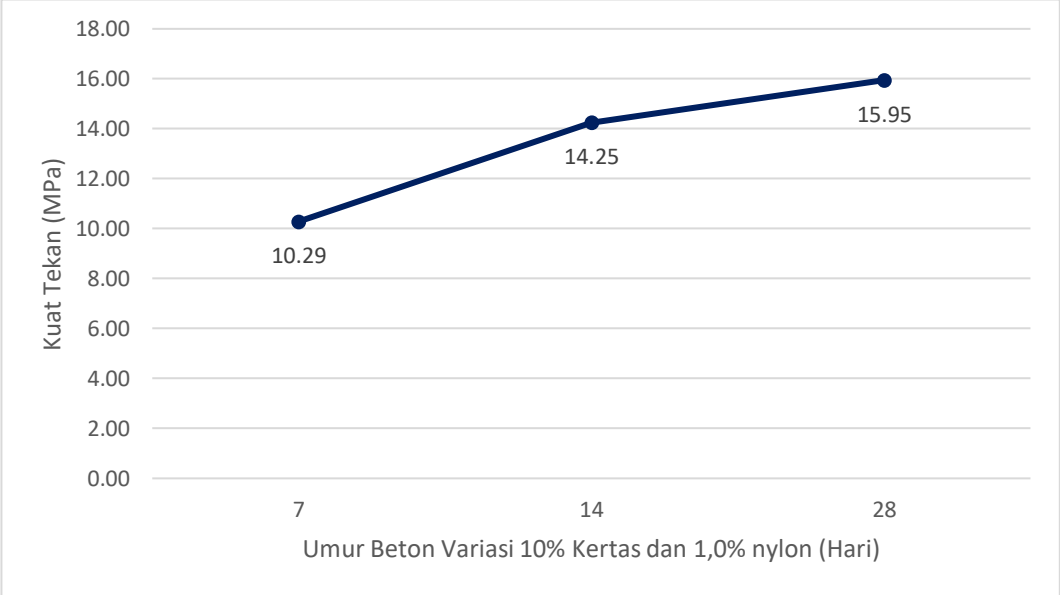
3. Variasi 10% Bubur kertas dan 1,0% Nylon

Berdasarkan hasil penelitian, kuat tekan rata-rata pada beton normal yang didapat pada pengujian 7, 14 dan 28 hari ialah sebagai berikut:

Tabel 4. 10 Rekap hasil kuat tekan beton variasi 10% kertas dan 1,0% nylon (*Sumber:Data Pengujian 2021)*

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (kN)	Kuat Tekan f'c (Mpa)	Rata-rata Kuat Tekan (Mpa)
1	7 Hari	12.180	180.0	10.19	10.29
2		12.260	195.0	11.04	
3		12.420	170.0	9.62	
4	14 Hari	12.204	250.0	14.15	14.25
5		12.459	245.0	13.87	
6		12.378	260.0	14.72	
7	28 Hari	12.277	280.0	15.85	15.95
8		12.408	275.0	15.57	
9		12.482	290.0	16.42	

Pada pengujian sampel uji dengan 10% kertas dan 1,0% nylon dengan silinder ukuran 15 x 30 cm dengan jumlah sampel 3 buah didapat kuat tekan dengan rata-rata 10,29 MPa untuk umur 7 hari, 14,25 MPa untuk umur 14 hari, dan 15,95 MPa untuk umur 28 hari dengan grafik sebagai berikut:



Gambar 4. 9 Grafik pengujian kuat tekan variasi 10% kertas dan 1,0% nylon (*Sumber:Data Pengujian 2021)*

Pada grafik diatas dapat dijelaskan bahwa beton dengan 10% kertas dan 1,0% nylon mengalami peningkatan kuat tekan dari umur 7 hari ke umur 14 hari sebesar 3,96 MPa sedangkan untuk umur 14 hari ke 28 hari mengalami peningkatan kuat tekan sebesar 1,7 Mpa

4. Variasi 10% Bubur kertas dan 1,5% Nylon

Berdasarkan hasil penelitian, kuat tekan rata-rata pada beton 10% kertas dan 1,5% nylon yang didapat pada pengujian 7, 14 dan 28 hari ialah sebagai berikut:

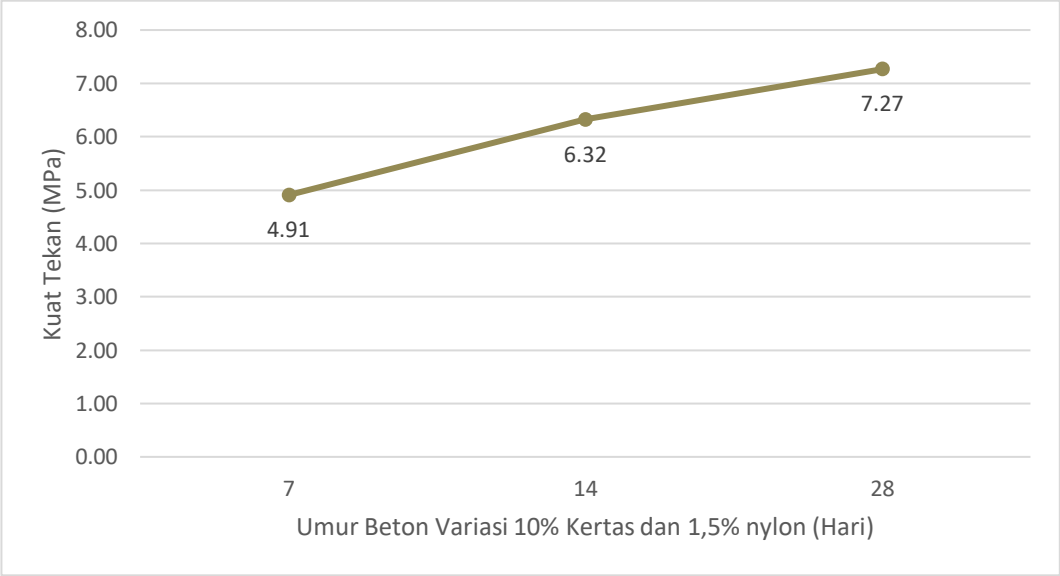
Tabel 4. 11 Rekap hasil kuat tekan beton variasi 10% kertas dan 1,5% nylon (*Sumber:Data Pengujian 2021)*

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (kN)	Kuat Tekan f'c (Mpa)	Rata-rata Kuat Tekan (Mpa)
1	7 Hari	12.180	95.0	5.38	4.91
2		12.260	80.0	4.53	
3		12.420	85.0	4.81	

Lanjutan **Tabel 4.11**

4	14 Hari	12.348	120.0	6.79	6.32
5		12.446	115.0	6.51	
6		12.289	100.0	5.66	
7	28 Hari	12.402	135.0	7.64	7.27
8		12.560	110.0	6.23	
9		12.134	140.0	7.93	

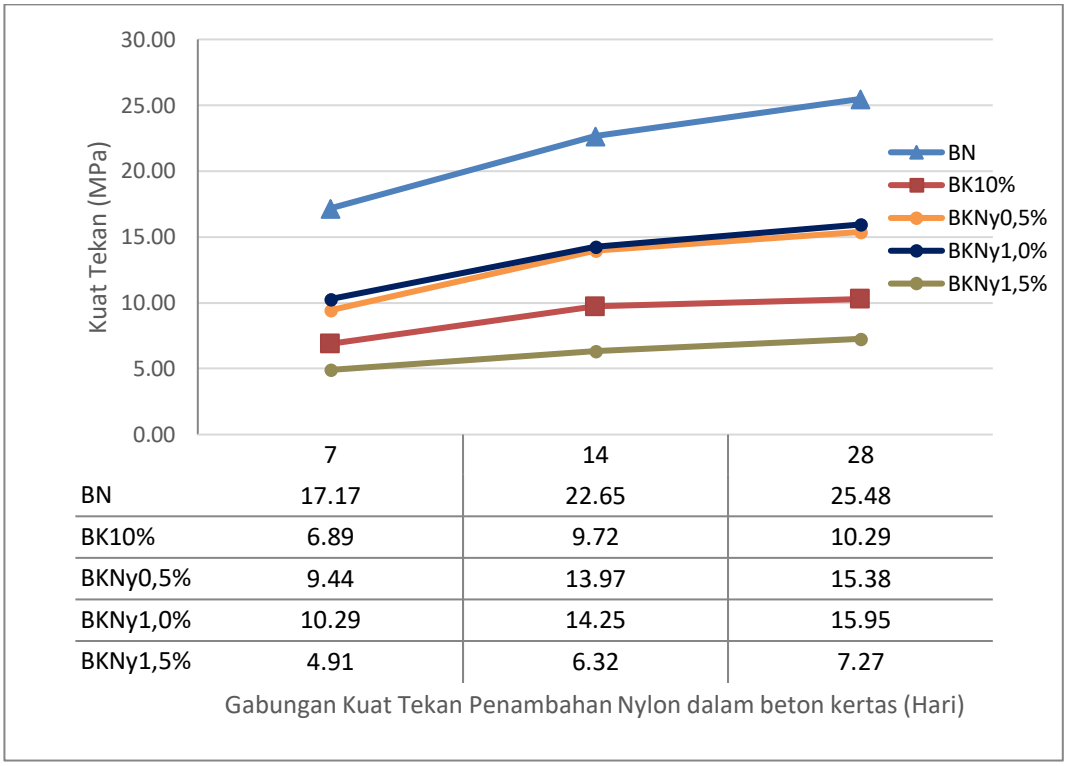
Pada pengujian sampel uji dengan 10% kertas dan 1,5% nylon dengan ukuran 15 x 30 cm dengan jumlah sampel 3 buah didapat kuat tekan dengan rata-rata 4,91 MPa untuk umur 7 hari, 6,32 MPa untuk umur 14 hari, dan 7,27 MPa untuk umur 28 hari dengan grafik sebagai berikut:



Gambar 4. 10 Grafik pengujian kuat tekan variasi 10% kertasdan 1,5% nylon (*Sumber:Data Pengujian 2021)*

Pada grafik diatas dapat dijelaskan bahwa beton dengan 10% kertas dan 1,5% nylon mengalami peningkatan kuat tekan dari umur 7 hari ke umur 14 hari sebesar 1,41 MPa sedangkan untuk umur 14 hari ke 28 hari mengalami peningkatan kuat tekan sebesar 0,95 MPa.

Berikut adalah grafik hubungan persentase penambahan nylon terhadap kuat tekan beton subtitusi kertas :



	7	14	28
BN	17.17	22.65	25.48
BK10%	6.89	9.72	10.29
BKNy0,5%	9.44	13.97	15.38
BKNy1,0%	10.29	14.25	15.95
BKNy1,5%	4.91	6.32	7.27

Gabungan Kuat Tekan Penambahan Nylon dalam beton kertas (Hari)

Gambar 4. 11 Grafik hubungan persentase campuran terhadap kuat tekan beton (*Sumber:Data Pengujian 2021)*

Pada grafik diatas dapat dijelaskan bahwa kuat tekan beton dengan persentase 10% kertas mengalami penurunan kuat tekan pada umur 28 hari sebesar 15,19 MPa atau 40,4 % dari beton normal, pada subtitusi kertas 10% sebagai agregat halus dengan persentase 0,5% serat nylon mengalami peningkatan kuat tekan pada umur 28 hari sebesar 5,09 MPa atau 49,5 % dari beton 10% kertas, persentase 1,0% nylon mengalami peningkatan kuat tekan pada umur 28 hari sebesar 5,66 MPa atau 55 % dari beton 10% kertas, sedangkan persentase 1,5% nylon mengalami penurunan kuat tekan pada umur 28 hari sebesar 3,02

MPa atau 29,3 % dari beton 10% kertas.

Dari uraian diatas dapat disimpulkan bahwa penggunaan nylon sebagai bahan tambah pada beton dengan subtitusi kertas 10% dapat mengakibatkan peningkatan kuat tekan beton pada variasi 0,5% dan 1,0% serat nylon. Namun pada penggunaan serat nylon 1,5% mengakibatkan penurunan kuat tekan beton 10% kertas.

F. Kuat Lentur

Setelah dilakukannya pembuatan, uji slump, dan perawatan benda uji balok, selanjutnya yang dilakukan adalah pengujian kuat lentur benda uji. Pengujian kuat lentur beton dilakukan pada benda uji umur 28 hari mutu beton yang direncanakan sebanyak 5 variasi dengan masing-masing sampel sebanyak 2 sampel dengan menggunakan metode SNI 03-2834-2000. Hasil pengujian adalah sebagai berikut:

1. Beton Normal

Berdasarkan hasil penelitian, kuat lentur rata-rata pada beton normal yang didapat pada pengujian 28 hari adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 12 Hasil pengujian kuat lentur beton normal (*Sumber:Data Pengujian 2021)*

No	Umur (hari)	Berat (kg)	Beban (KN)	*Modulus of Rapture* (MPa)
1	28	33.44	10	1.778
2	28	32.61	11	1.956
Rata-rata		**33.025**	**10.500**	**1.867**

Berdasarkan tabel di atas dapat dijelaskan bahwa hasil uji kuat lentur beton normal pada sampel pertama sebesar 1,78 MPa dan pada sampel kedua sebesar 1,96 MPa. Dengan rata-rata nilai *Modulus of Rapture* sebesar 1,87 Mpa.

2. Beton 10% Kertas

Berdasarkan hasil penelitian, kuat lentur rata-rata pada beton normal yang didapat pada pengujian 28 hari adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 13 Hasil pengujian kuat lentur beton variasi 10% kertas (*Sumber:Data Pengujian 2021)*

No	Umur (hari)	Berat (kg)	Beban (KN)	*Modulus of Rapture* (MPa)
1	28	33.245	4	0.711
2	28	33.93	5	0.889
Rata-rata		**33.025**	**4.500**	**0.800**

Berdasarkan tabel di atas dapat dijelaskan bahwa hasil uji kuat lentur beton variasi 10% kertas pada sampel pertama sebesar 0,71 MPa dan pada sampel kedua sebesar 0,89 MPa. Dengan rata-rata nilai *Modulus of Rapture* sebesar 0,80 Mpa.

3. Variasi 0,5% Nylon

Berdasarkan hasil penelitian, kuat lentur rata-rata pada beton variasi 0,5% nylon yang didapat pada pengujian 28 hari adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 14 Hasil pengujian kuat lentur beton variasi 0,5% nylon (*Sumber:Data Pengujian 2021)*

No	Umur (hari)	Berat (kg)	Beban (KN)	*Modulus of Rapture* (MPa)
1	28	31.48	5	0.889
2	28	32.84	6	1.067
Rata-rata		**33.025**	**5.500**	**0.978**

Berdasarkan tabel di atas dapat dijelaskan bahwa hasil uji kuat lentur beton variasi 0,5% nylon pada sampel pertama sebesar 0,89 MPa dan pada sampel kedua sebesar 1,07 MPa. Dengan rata-rata nilai *Modulus of Rapture* sebesar 0,98

Mpa.

4. Variasi 1,0% Nylon

Berdasarkan hasil penelitian, kuat lentur rata-rata pada beton variasi 1,0 nylon yang didapat pada pengujian 28 hari adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 15 Hasil pengujian kuat lentur beton variasi 1,0% nylon (*Sumber:Data Pengujian 2021)*

No	Umur (hari)	Berat (kg)	Beban (KN)	*Modulus of Rapture* (MPa)
1	28	33.76	5	0.889
2	28	33.385	7	1.244
Rata-rata		**33.025**	**6.000**	**1.067**

Berdasarkan tabel di atas dapat dijelaskan bahwa hasil uji kuat lentur beton variasi 1,0% nylon pada sampel pertama sebesar 0,89 MPa dan pada sampel kedua sebesar 1,24 MPa. Dengan rata-rata nilai *Modulus of Rapture* sebesar 1,07 Mpa.

5. Variasi 1,5% Serat Nylon

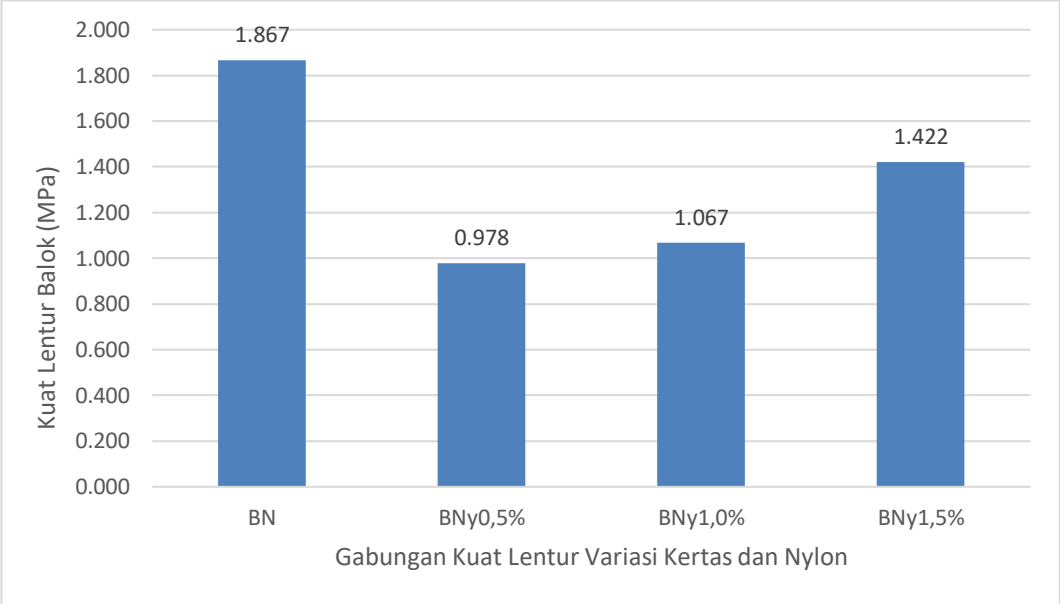
Berdasarkan hasil penelitian, kuat lentur rata-rata pada beton variasi 1,5% nylon yang didapat pada pengujian 28 hari adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 16 Hasil pengujian kuat lentur beton variasi 1,5% nylon (*Sumber:Data Pengujian 2021)*

No	Umur (hari)	Berat (kg)	Beban (KN)	*Modulus of Rapture* (MPa)
1	28	33.49	7	1.244
2	28	31.09	9	1.600
Rata-rata		**33.025**	**8.000**	**1.422**

Berdasarkan tabel di atas dapat dijelaskan bahwa hasil uji kuat lentur beton

variasi 1,5% nylon pada sampel pertama sebesar 1,24 MPa dan pada sampel kedua sebesar 1,60 MPa. Dengan rata-rata nilai *Modulus of Rapture* sebesar 1,42 Mpa.



Gambar 4. 12 Rekapitulasi kuat lentur variasi kertas dan nylon (*Sumber:Data Pengujian 2021)*

Pada grafik diatas dapat dijelaskan bahwa kuat lentur beton dengan persentase 0,5% nylon mengalami penurunan kuat lentur pada umur 28 hari sebesar 0,889 MPa atau 47,6 % dari beton normal, persentase 1,0% nylon mengalami penurunan kuat lentur pada umur 28 hari sebesar 0,80 MPa atau 42,8 % dari beton normal, dan persentase 1,5% nylon mengalami penurunan kuat lentur pada umur 28 hari sebesar 0,445 MPa atau 23,8% dari beton normal.

Dari uraian diatas dapat disimpulkan bahwa penggunaan kertas sebagai subtitusi dari agregat halus pada beton dapat mengakibatkan penurunan kuat lentur beton sedangkan pada penambahan serat nylon mengakibatkan penurunan kuat lentur beton namun semakin bertambahnya variasi serat nylon

mengakibatkan peningkatan kuat lentur beton.

G. Pengaruh Penambahan Serat Nylon Terhadap Kuat Lentur Beton Subtitusi Kertas

Setelah melakukan pengujian kuat lentur benda uji berdasarkan masing-masing variasi kertas dan serat nylon selanjutnya dilakukan pengujian kuat lentur pada penggabungan kertas dan serat nylon pada campuran beton. Pengujian kuat lentur dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari dengan sebanyak 6 sampel. Yang terdiri dari 3 variasi gabungan campuran bubur kertas 10 % dan serat nylon sebesar 0,5%, 1,0% dan 1,5%. Adapun hasil dari pengujian kuat lentur yang terdiri dari 3 variasi campuran bubur kertas dan tambahan serat nylon adalah sebagai berikut :

1. Variasi 10% Bubur kertas dan 0,5% Nylon

Berdasarkan hasil penelitian, kuat lentur rata-rata pada beton variasi 10% kertas dan 0,5% nylon yang didapat pada pengujian 28 hari adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 17 Hasil pengujian kuat lentur beton variasi 10% kertas dan 0,5% nylon (*Sumber:Data Pengujian 2021)*

No	Umur (hari)	Berat (kg)	Beban (KN)	*Modulus of Rapture* (MPa)
1	28	33.18	9	1.600
2	28	33.295	8	1.422
Rata-rata		**33.025**	**8.500**	**1.511**

Berdasarkan tabel di atas dapat dijelaskan bahwa hasil uji kuat lentur beton variasi 10% kertas dan 0,5% nylon pada sampel pertama sebesar 1,60 MPa dan

pada sampel kedua sebesar 1,42 MPa. Dengan rata-rata nilai *Modulus of Rapture* sebesar 1,51 Mpa.

2. Variasi 10% Bubur kertas dan 1,0% Nylon

Berdasarkan hasil penelitian, kuat lentur rata-rata pada beton variasi 10% kertas dan 1,0% nylon yang didapat pada pengujian 28 hari adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 18 Hasil pengujian kuat lentur beton variasi 10% kertas dan 1,0% nylon (*Sumber:Data Pengujian 2021)*

No	Umur (hari)	Berat (kg)	Beban (KN)	*Modulus of Rapture* (MPa)
1	28	33.43	5	0.889
2	28	31.465	6	1.067
Rata-rata		**33.025**	**5.500**	**0.978**

Berdasarkan tabel di atas dapat dijelaskan bahwa hasil uji kuat lentur beton variasi 10% kertas dan 1,0% nylon pada sampel pertama sebesar 0,89 MPa dan pada sampel kedua sebesar 1,067 MPa. Dengan rata-rata nilai *Modulus of Rapture* sebesar 0,98 Mpa.

3. Variasi 10% Bubur kertas dan 1,5% Nylon

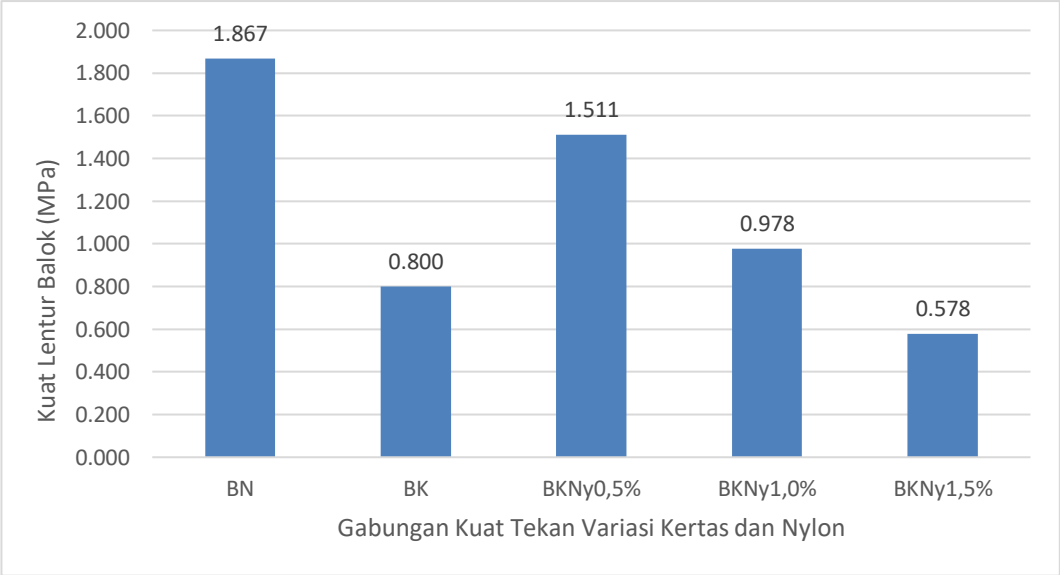
Berdasarkan hasil penelitian, kuat lentur rata-rata pada beton variasi 10% kertas dan 1,5% nylon yang didapat pada pengujian 28 hari adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 19 Hasil pengujian kuat lentur beton variasi 10% kertas dan 1,5% nylon (*Sumber:Data Pengujian 2021)*

No	Umur (hari)	Berat (kg)	Beban (KN)	*Modulus of Rapture* (MPa)

1	28	32.2	3	0.533
2	28	33.735	3.5	0.622
Rata-rata		**33.025**	**3.250**	**0.578**

Berdasarkan tabel di atas dapat dijelaskan bahwa hasil uji kuat lentur beton variasi 10% kertas dan 1,5% nylon pada sampel pertama sebesar 0,53 MPa dan pada sampel kedua sebesar 0,62 MPa. Dengan rata-rata nilai *Modulus of Rapture* sebesar 0,58 Mpa.



Gambar 4. 13 Grafik Rekapitulasi hasil uji kuat lentur beton berdasarkan kuat lentur beton (*Sumber:Data Pengujian 2021)*

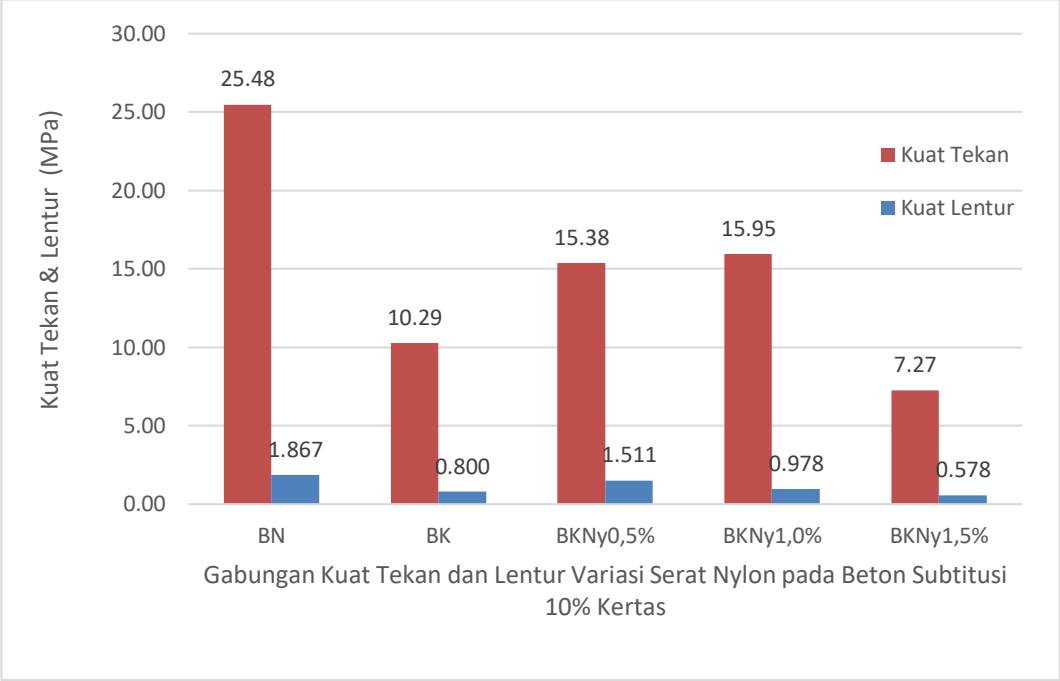
Pada grafik diatas dapat dijelaskan bahwa kuat lentur beton dengan persentase 10% bubur kertas mengalami penurunan kuat lentur sebesar 1,067 MPa atau 57,2 % dari beton normal, beton dengan kertas 10% sebagai agregat halus dengan persentase 0,5% serat nylon mengalami peningkatan kuat lentur pada umur 28 hari sebesar 0,711 MPa atau 88,9% dari beton 10% kertas, persentase 1,0% nylon mengalami peningkatan kuat lentur pada umur 28 hari sebesar 0,178 MPa atau 22,3% dari beton 10% kertas, sedangkan persentase 1,5%

nylon mengalami penurunan kuat lentur pada umur 28 hari sebesar 0,22 MPa atau 27,8 % dari beton 10% kertas.

Dari uraian diatas dapat disimpulkan bahwa penggunaan nylon sebagai bahan tambah pada beton dengan subtitusi kertas 10% dapat mengakibatkan peningkatan kuat lentur beton pada variasi 0,5% dan 1,0% serat nylon. Namun pada penggunaan serat nylon 1,5% mengakibatkan penurunan kuat lentur beton 10% kertas.

H. Pengaruh Gabungan Kuat Tekan dan Lentur Variasi Serat Nylon pada Beton Subtitusi 10% Kertas

Dari hasil olah data benda uji berdasarkan masing-masing variasi kertas dan serat nylon selanjutnya dibuat kesimpulan dari hasil kuat tekan dan lentur beton pada penggabungan kertas dan serat nylon pada campuran beton. Nilai kuat tekan dan lentur yang diambil berumur 28 hari. Adapun grafik gabungan yang terdiri dari 3 variasi campuran bubur kertas dan tambahan serat nylon adalah sebagai berikut :



Gambar 4. 14 Grafik Rekapitulasi hasil uji kuat tekan dan lentur beton (*Sumber:Data Pengujian 2021)*

Dari uraian diatas dapat disimpulkan bahwa penggunaan nylon sebagai bahan tambah pada beton dengan subtitusi kertas 10% dapat mengakibatkan peningkatan kuat tekan beton pada variasi 0,5% dan 1,0% serat nylon. Namun pada penggunaan serat nylon 1,5% mengakibatkan penurunan kuat tekan beton 10% kertas.

Penggunaan nylon sebagai bahan tambah pada beton dengan subtitusi kertas 10% dapat mengakibatkan peningkatan kuat lentur beton pada variasi 0,5% dan 1,0% serat nylon. Namun pada penggunaan serat nylon 1,5% mengakibatkan penurunan kuat lentur beton 10% kertas.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Kuat tekan beton dengan persentase 10% bubur kertas mengalami penurunan kuat tekan pada umur 28 hari sebesar 15,19 MPa atau 59,6 % dari beton normal, persentase 0,5% nylon mengalami penurunan kuat tekan pada umur 28 hari sebesar 10,29 MPa atau 40,4 % dari beton normal, persentase 1,0% nylon mengalami penurunan kuat tekan pada umur 28 hari sebesar 7,36 MPa atau 28,9 % dari beton normal, dan persentase 1,5% nylon mengalami penurunan kuat tekan pada umur 28 hari sebesar 3,3 MPa atau 13% dari beton normal. Kuat tekan beton dengan subtitusi kertas 10% sebagai agregat halus dengan persentase 0,5% serat nylon mengalami peningkatan kuat tekan pada umur 28 hari sebesar 5,09 MPa atau 49,5 % dari beton 10% kertas, persentase 1,0% nylon mengalami peningkatan kuat tekan pada umur 28 hari sebesar 5,66 MPa atau 55 % dari beton 10% kertas, sedangkan persentase 1,5% nylon mengalami penurunan kuat tekan pada umur 28 hari sebesar 3,02 MPa atau 29,3 % dari beton 10% kertas. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penggunaan nylon sebagai bahan tambah pada beton dengan subtitusi kertas 10% dapat mengakibatkan peningkatan kuat tekan beton pada variasi 0,5% dan 1,0% serat nylon. Namun pada penggunaan serat nylon 1,5% mengakibatkan penurunan kuat tekan beton 10% kertas.
2. Kuat lentur beton dengan persentase 10% bubur kertas mengalami penurunan

kuat lentur pada umur 28 hari sebesar 1,067 MPa atau 57,2 % dari beton normal, persentase 0,5% nylon mengalami penurunan kuat lentur pada umur 28 hari sebesar 0,889 MPa atau 47,6 % dari beton normal, persentase 1,0% nylon mengalami penurunan kuat lentur pada umur 28 hari sebesar 0,80 MPa atau 42,8 % dari beton normal, dan persentase 1,5% nylon mengalami penurunan kuat lentur pada umur 28 hari sebesar 0,445 MPa atau 23,8% dari beton normal. Kuat lentur beton dengan subtitusi kertas 10% sebagai agregat halus dengan persentase 0,5% serat nylon mengalami peningkatan kuat lentur pada umur 28 hari sebesar 0,711 MPa atau 88,9% dari beton 10% kertas, persentase 1,0% nylon mengalami peningkatan kuat lentur pada umur 28 hari sebesar 0,178 MPa atau 22,3% dari beton 10% kertas, sedangkan persentase 1,5% nylon mengalami penurunan kuat lentur pada umur 28 hari sebesar 0,22 MPa atau 27,8 % dari beton 10% kertas. Sehingga disimpulkan bahwa penggunaan nylon sebagai bahan tambah pada beton dengan subtitusi kertas 10% dapat mengakibatkan peningkatan kuat lentur beton pada variasi 0,5% dan 1,0% serat nylon. Namun pada penggunaan serat nylon 1,5% mengakibatkan penurunan kuat lentur beton 10% kertas.

B. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat diberikan saran-saran yang akan berguna bagi pelaksanaan maupun pengembangan *papercrete*, saran-saran yang diberikan sebagai berikut:

1. Perlu penggunaan alat yang lebih baik untuk mempermudah proses pembuatan bubur kertas dan mempermudah pencampuran agregat.

2. Beton kertas mengalami perkerasan yang lambat sehingga perlu ditambahkan *accelerator*.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai kembang dan susut *papercrete* mengingat beton kertas (*papercrete*) memiliki nilai susut yang besar.

DAFTAR PUSTAKA

Addis, B (2001). *... Materials and Strength of Hardened Concrete. Fulton's Concrete Technology, Edited by Brian Addis and Gill Owens, Cement and Concrete Institute ….*

Bagus Cahyono. (2011). *(Kajian Kuat Lentur Beton Kertas (Papercrete) Dengan Bahan Tambah Serat Nylon) Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret Surakarta.*

Balaguru, PN, & Shah, SP (1992). *Fiber-reinforced cement composites.*, trid.trb.org, https://trid.trb.org/view/367442

Desi Israini dan Aulia Rahman. (2016). *Analisis Proporsi Bubur Kertas dan Pasir Terhadap Sifat Mekanis Beton Kertas (Papercrete).*

Dumanauw J.F. (1984), Mengenal Kayu, Pendidikan Industri Kayu (PIKA), Semarang.

H. Surya Hadi. (2018). *Analisis Penambahan Limbah Kertas Terhadap Kuat Tekan Beton Ringan. Fakultas Teknik, Universitas Islam Al-Azhar.*

Hakzah, H, Sulfanita, A, & Yulianti, Y (2021). Studi Kelayakan Sifat Fisik Agregat Untuk Struktur Perkerasan Jalan. *Jurnal Karajata Engineering*, jurnal.umpar.ac.id,http://jurnal.umpar.ac.id/index.php/karajata/article/view/699

Honing, J (1982). Konstruksi Beton. *Jakarata: Pratnya Paramita*

Huseiny, MS Al, & Nursani, R (2020). Pengaruh Bahan Tambah Serat Fiber Terhadap Kuat Tekan dan Lentur Beton. *Akselerasi: Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, jurnal.unsil.ac.id, https://jurnal.unsil.ac.id/index.php/akselerasi/article/view/1505

Indonesia, SN (2011). Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder (SNI 1974-2011). *Nasional, Badan Standarisasi: Jakarta, Indonesia*

Indonesia, SN (2012). Tata Cara Pemilihan Campuran untuk Beton Normal, Beton Berat dan Beton Massa dengan Standar SNI 7656: 2012. *Jakarta, Badan Standarisasi Nas*

Indonesia, SN 4154-2014 Metode Uji Kekuatan Lentur Beton menggunakan balok sederhana dengan beban terpusat di tengah bentang. *Badan Standardisasi Nasional*

Mulyono, T (2003). Concrete technology. *Yogyakarta: Andi Offset*

Mulyono, T (2004). *Concrete Technology (Yogyakarta*., Andi Publisher

Murdock, LJ, & Brook, KM (1979). *Concrete materials and practice*., trid.trb.org, https://trid.trb.org/view/156068

Nasional, BS (1997). Metode Pengujian Kuat Lentur Normal dengan Dua Titik Pembebanan (SNI 03-4431-1997). *Badan Standarisasi Nasional, Jakarta*

Nasional, BS (2002). Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 2847: 2002)". *Jakarta. Badan Standarisasi Nasional*

Neville, AM, & Brooks, JJ (1987). *Concrete technology*., academia.edu, https://www.academia.edu/download/36900631/_A.M_Neville__J_J_Brooks_Concrete_Technology_2nd_ed_Engineersdaily.com_.pdf

Purnawan Gunawan dan kawan-kawan. (2015). *Pengaruh Penambahan Serat Nylon Pada Beton Dengan Teknologi Gas Terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, dan Modukus Elastisitas. Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil UniversitasSebelas Maret Surakarta.*

Renaldi, R, Jasman, J, & Adnan, A (2024). Pemanfaatan Limbah Serat Plastik PET Terhadap Kuat Tekan Beton. Konstruksi: Publikasi Ilmu …, journal.aritekin.or.id,https://journal.aritekin.or.id/index.php/Konstruksi/article/view/207

Sebayang, S (2000). Diktat Bahan Bangunan (Volume 1-Teknologi Beton. *Universitas Lampung, Bandar Lampung*

Shanti Wahyuni Megasari, dan kawan-kawan. (2016). *Karakteristik Beton Dengan Penambahan Limbah Serat Nylon dan Polimer Concrete*. *Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lancang Kuning.*

Tjokrodimuljo, K (1996). Buku Teknologi Beton. *Yogyakarta: Nafiri, Yogyakarta*

Tjokrodimuljo, K (2007). Teknologi Beton, Cv. *Andi Offset, Yogyakarta*

Tjokrodimuljo, K. (1992). Buku Ajaran Teknologi Beton.

Umum, DP (1971). Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI 1971). *Departemen Pekerjaan Umum*

Yohanes L.D. Adianto dan kawan-kawan. (2004). *Pengaruh Penambahan Nylon Terhadap Kinerja Beton. Media Komunikasi Teknik Sipil.*