

Kapasitas Penampang dan Pola Retak Lentur Balok Beton Bertulang Setelah Paparan Suhu Tinggi 400°C, 600°C, dan 800°C

Rizki Prasetya

Jurusan Teknik Sipil Universitas Merdeka Malang
Jalan Terusan Dieng No. 62-64 Malang Indonesia
rizki.prasetya @unmer.ac.id

Abstrak—Beton bertulang merupakan paduan antara beton dengan tulangan baja. Beton adalah bahan konstruksi yang memiliki kekuatan tarik yang rendah namun mempunyai kekuatan tekan yang tinggi, sedangkan kekuatan tarik beton yang rendah akan ditopang oleh tulangan baja karena baja dikenal sebagai bahan material dengan kuat tarik yang tinggi. Beton merupakan bahan bangunan yang memiliki daya tahan terhadap api yang relatif lebih baik dibandingkan dengan material lain seperti baja, terlebih lagi kayu. Hal ini disebabkan karena beton merupakan material dengan daya hantar panas yang rendah, sehingga dapat menghalangi rembetan panas ke bagian dalam struktur beton tersebut. Pada saat terjadi kebakaran khususnya yang terjadi pada gedung dengan struktur menggunakan beton bertulang, suhu panas dari api akan mempengaruhi sifat fisik pada beton. Perubahan sifat fisik pada beton dapat mempengaruhi kekuatan beton. Perubahan fisik seperti perubahan warna pada beton, terkelupasnya lapisan permukaan beton dan berkurangnya kekuatan pada beton. Pola retak struktural merupakan indikasi paling rawan dari kondisi sebuah bangunan. Retak struktural dapat disebabkan oleh pengaruh lentur, geser, dan torsi. Kondisi tersebut dapat terlihat pada elemen struktural seperti balok, kolom, dan pelat lantai. Lebar retak yang berlebihan akan membuat kebocoran pada bidang penampang yang akan menyebabkan korosi pada penulangan dan kemerosotan kualitas pada beton secara gradual (bertahap). Kondisi retak pada penampang akan mengurangi luas tahanan penampang, sehingga akan mengurangi inersia (kelembaman) penampang. Jika hal tersebut terjadi, maka kekakuan lentur beton juga akan menurun tajam. Balok beton bertulang yang telah mengalami paparan suhu tinggi 400 °C, 600 °C dan 800 °C (BS1, BS2, BS3) mengalami penurunan secara berturut nilai beban terhadap balok normal (BN) atau balok kontrol sebesar 25,0% ; 37,5% dan 50,0% untuk besarnya beban retak pertama dan sebesar 8,0% ; 16,0% dan 19,0% untuk besarnya beban maksimum. Sedangkan untuk pola retak pada balok beton bertulang paparan suhu normal, 400°C, 600°C dan 800°C yang terjadi adalah pola retak lentur dimana arah retakan dimulai dari daerah tarik paling luar menuju ke daerah tekan.

Kata kunci— Suhu, Beton bertulang, Balok, Retak, Pola Retak

Abstract— Reinforced concrete is a mixture of concrete and steel reinforcement. Concrete is a construction material that has low tensile strength but has high compressive strength, while the low tensile strength of concrete will be supported by steel reinforcement because steel is known as a material with high tensile strength. Concrete is a building material that has relatively better fire resistance compared to other materials such as steel, especially wood. This is because concrete is a material with low heat conductivity, so it can block the spread of heat to the inside of the concrete structure. When a fire occurs, especially in a building with a reinforced concrete structure, the heat from the fire will affect the physical properties of the concrete. Changes in the physical properties of concrete can affect the strength of concrete. Physical changes such as discoloration of the concrete, peeling of the concrete surface layer and reduced strength of the concrete. Structural crack patterns are the most vulnerable indication of the condition of a building. Structural cracks can be caused by bending, shearing and torsional effects. These conditions can be seen in structural elements such as beams, columns, and floor slabs. Excessive crack width will create leakage in the cross-sectional area which will cause corrosion of reinforcement and gradual deterioration of concrete quality (gradual). Cracked conditions in the cross-section will reduce the cross-sectional resistance area, so that it will reduce the inertia (inertia) of the cross-section. If this happens, the flexural stiffness of the concrete will also decrease sharply. Reinforced concrete beams that have been exposed to high temperatures of 400 C, 600 C and 800 C (BS1, BS2, BS3) experienced a decrease in load value on normal beams (BN) or control beams by 25.0%; 37.5% and 50.0% for the first crack load and 8.0%; 16.0% and 19.0% for the maximum load. As for the pattern of cracks in reinforced concrete beams exposed to normal temperatures, 400°C, 600°C and 800°C what occurs is a flexural crack pattern where the crack direction starts from the outermost tensile area towards the compression area.

Keywords— Temperature, Reinforced concrete, Beams, Cracks, Crack Pattern

I. PENDAHULUAN

Beton bertulang merupakan paduan antara beton dengan tulangan baja. Beton adalah bahan konstruksi yang memiliki kekuatan tarik yang rendah namun mempunyai kekuatan tekan yang tinggi, sedangkan kekuatan tarik beton yang rendah akan ditopang oleh tulangan baja karena baja dikenal sebagai bahan material dengan kuat tarik yang tinggi. Konfigurasi antara beton dan tulangan baja diharapkan dapat saling

bekerja sama dalam menahan gaya-gaya yang bekerja dalam struktur beton bertulang, dimana gaya tekan ditahan oleh beton sedangkan gaya tarik oleh tulangan baja.

Beton merupakan bahan bangunan yang memiliki daya tahan terhadap api yang relatif lebih baik dibandingkan dengan material lain seperti baja, terlebih lagi kayu. Hal ini disebabkan karena beton merupakan material dengan daya hantar panas yang rendah, sehingga dapat menghalangi rembetan panas ke bagian dalam struktur beton tersebut [1].

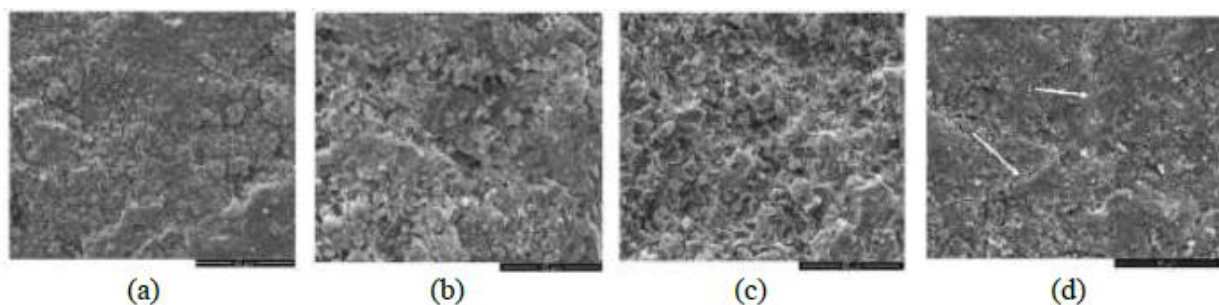
A. Beton Terhadap Suhu Tinggi

Kebakaran adalah reaksi oksidasi eksotermis yang berlangsung dengan cepat dari suatu bahan bakar yang disertai dengan timbulnya api/penyalaan. Terjadinya kebakaran tidak bisa diprediksi seperti bencana meletusnya gunung berapi ataupun terjadinya tsunami. Proses terjadinya kebakaran begitu cepat sehingga menimbulkan efek pada bangunan jika kebakaran tersebut terjadi di kawasan padat baik perumahan maupun perkantoran [2].

Pada saat terjadi kebakaran khususnya yang terjadi pada gedung dengan struktur menggunakan beton bertulang, suhu panas dari api akan mempengaruhi sifat fisik pada beton. Perubahan sifat fisik pada beton dapat mempengaruhi kekuatan beton. Perubahan fisik seperti perubahan warna pada beton, terkelupasnya lapisan permukaan beton dan berkurangnya kekuatan pada beton [3]

Selama proses kebakaran maka akan terjadi efek akibat meningkatnya suhu pada pasta semen yang terhidrasi tergantung pada tingkat hidrasi dan kelembaban yang terjadi, biasanya terjadi pada pasta portland semen yang sebagian besar terdiri dari Calcium Silicate Hydrate (CSH), Calcium hydroxide, dan Calcium sulfoaluminate hydrates. Pasta semen dalam kondisi jenuh mengandung sejumlah besar air bebas dan air kapiler, selain air yang terserap. Berbagai jenis air tersebut dapat segera hilang jika terjadi peningkatan suhu beton. Namun, dari sudut pandang perlindungan terhadap kebakaran, dapat dicatat bahwa, karena panas yang cukup maka penguapan dibutuhkan untuk mengkonversi air menjadi uap, suhu beton tidak akan naik sampai semua air yang telah ter-evaporasi hilang [4]. Porositas dan mineralogi agregat mempunyai pengaruh penting pada perilaku beton pada waktu terbakar. Tergantung pada tingkat pemanasan dan ukurannya, permeabilitas, dan kelembaban agregat, serta pori agregat itu sendiri sangat mungkin rentan proses pembakaran tersebut dan pada saat pendinginan [4].

Tidak bisa diabaikan bahwa suhu dapat mengakibatkan keretakan pada beton bertulang. Perubahan suhu dari suhu rendah ke suhu tinggi mengakibatkan pemuaian pada beton dan akan mengakibatkan keretakan. Uji XRD dan uji EDAX yang telah dilakukan oleh [5] menunjukkan bahwa suhu pembakaran mempengaruhi kondisi senyawa kimia, senyawa kimia $\text{Ca}(\text{OH})_2$ atau portlandite dan SiO_2 atau silika yang mengakibatkan perubahan sifat mekanik pada beton.



Gambar 1. Scanning Elektro Mikro dari beton setelah paparan suhu tinggi (a). 27°C , (b). 400°C, (c). 600°C dan (d). 800°C

Sifat kimia maupun fisika serta perubahan mineral yang terkandung pada suatu agregat mengalami perubahan akibat suhu tinggi. Transformasi agregat yang terjadi akibat suhu tinggi tergantung pada jenis

agregatnya 350°C - kerikil sungai, 570°C - agregat mengandung silika, 650°C - agregat berkapur, 700 ° C - agregat basalt.

Aggregat yang mengandung silika seperti kuarsa (misalnya, granit dan batu pasir), bisa menyebabkan kehilangan tegangan dalam beton pada suhu sekitar 573°C, karena pada temperatur ini kuarsa bertransformasi dari bentuk α menjadi β dikaitkan dengan ekspansi sekitar 0,85 persen. Dalam kasus karbonat batuan, kehilangan tegangan yang sama dimulai di ketika suhu diatas 700°C sebagai akibat dari reaksi decarbonation. Selain kemungkinan transformasi fase dan panas dekomposisi agregat, mineralogi agregat juga menentukan respon ketika beton terbakar.

Tabel 1. Tabel proses pengaruh suhu tinggi pada beton

SUHU (°C)	Proses Yang Terjadi Pada Beton
100 °C	evaporasi air
100 - 300 °C	spalling beton
100 - 800 °C	hidrasi pasta semen C-S-H
350 - 900 °C	transformasi agregat,tergantung pada jenis agregat: 350 ° C - kerikil sungai, 570 ° C - agregat mengandung silika , 650 ° C - agregat berkapur, 700 ° C - agregat basalt
400 - 600 °C	disosiasi kalsium hidroksida $\text{Ca}(\text{OH})_2$ menjadi CaO dan air
375 °C	titiik kritis air
573 °C	kuarsa bertransformasi dari bentuk α menjadi β
700 - 800 °C	decarbonation kalsium karbonat CaCO_3 menjadi CaO dan CO_2 pada pasta semen dan agregat
1350 °C	lelehnya beton

B. Kapasitas Lentur Penampang Balok Beton Bertulang

Kapasitas lentur dan geser dari penampang balok adalah dua parameter penting yang digunakan pada suatu perencanaan struktur beton bertulang. Pandangan umum, respon beban dan lendutan serta pola retak yang menggambarkan kapasitas balok dapat dihitung dengan menggunakan dasar beban maksimum yang terjadi hingga balok runtuh. Beberapa variable akan mempengaruhi lendutan maupun pola retak, seperti kuat tekan beton, kuat tarik tulangan maupun detail penulangan.

Untuk bisa mengetahui kapasitas lentur suatu balok beton bertulang tentunya harus dilakukan pengujian yang dapat menggambarkan bagian balok beton bertulang yang hanya menerima beban lentur saja dengan cara meletakkan balok beton bertulang pada tumpuan sederhana dengan perletakan berupa sendi dan rol. Pada penelitian ini pengujian benda uji balok beton bertulang akan ditampilkan pada metodologi penelitian pada bab 2.

C. Pola Retak Balok Beton Bertulang

Pengamatan visual pada kondisi bangunan khususnya pada struktur adalah permulaan yang sangat penting untuk memutuskan (justifikasi) kondisi dari sebuah bangunan. Aktivitas tersebut merupakan sebuah metode forensik yang ditujukan untuk mengenali kondisi terakhir bangunan. Adapun teknisi pengamatan dilakukan pada elemen struktur seperti balok, kolom dan daerah sekiat sambungan. Tidak hanya kondisi struktur saja tetapi juga bagian non-struktural perlu diamati karena bisa saja mempengaruhi kondisi elemen struktural.

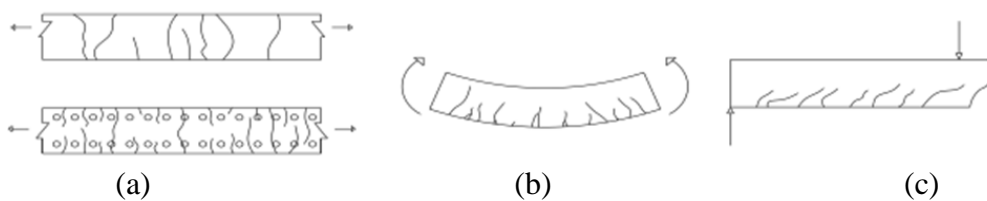
Parameter yang cukup penting adalah tidak adanya anomali struktur. Anomali pada struktur adalah kondisi ganjil, aneh, atau menyimpang dari keadaan normal. Pada bangunan beton bertulang, anomali yang biasa terlihat adalah adanya keretakan pada elemen balok, kolom, dan pelat. Hal ini tidak serta merta dapat mudah ditemukan karena bisa saja tidak terekspos atau dibungkus dengan pola arsitektural.

James K. Wight (2016) dalam bukunya yang berjudul “Reinforced Concrete-Mechanics and Design” [6] menyampaikan ada beberapa kelemahan beton, di antaranya adalah sebagai berikut:

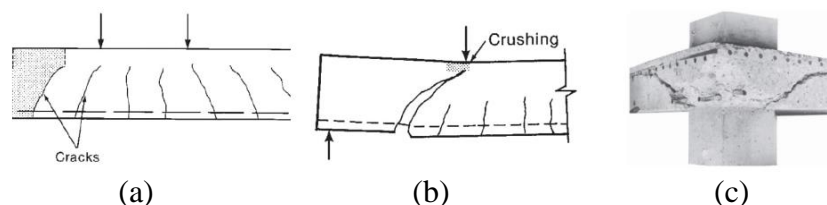
1. Kuat tarik yang rendah. Kuat tarik beton sangat jauh di bawah jika dibandingkan dengan kuat tekannya, yakni hanya sekitar 10% saja. Oleh karena itu, beton dapat mengalami keretakan jika terkena tekanan tarik.
2. Secara relatif kekuatannya rendah, per unit berat atau volume. Untuk mencapai kekuatan yang sama dengan baja, maka dibutuhkan penampang, volume, dan ukuran yang besar, sehingga pilihan untuk membuat struktur bentang panjang biasanya akan jatuh kepada struktur baja dibanding struktur beton
3. Perubahan volume bergantung pada waktu. Baik beton maupun baja mengalami jumlah ekspansi dan kontraksi termal yang kurang lebih sama. Hal ini disebabkan karena baja adalah konduktor yang lebih baik dibanding beton. Struktur baja pada umumnya juga dipengaruhi oleh perubahan suhu ke tingkat yang lebih besar daripada struktur beton.

Pola retak non struktural menurut Hidayat dibagi menjadi 2 yaitu *crazing* dan *map cracking*. *Crazing* dalam hal ini adalah termasuk jenis retak non-struktural yang terjadi akibat pasir yang digunakan banyak mengandung butiran halus dan plesteran yang terlalu banyak di trowel (roskam) [7]. Untuk memperbaiki retak *crazing* cukup mudah, yaitu dengan cara mengorek retak dan menutupnya menggunakan dempul. Sedangkan *map cracking* adalah terjadi akibat terlalu banyak menggunakan semen. Selain itu, plesteran yang dibiarkan terlalu cepat mengering akibat kehilangan air yang berlebihan juga menyebabkan terjadinya retak [7].

Pola retak struktural merupakan indikasi paling rawan dari kondisi sebuah bangunan. Retak struktural dapat disebabkan oleh pengaruh lentur, geser, dan torsi. Kondisi tersebut dapat terlihat pada elemen struktural seperti balok, kolom, dan pelat lantai. Lebar retak yang berlebihan akan membuat kebocoran pada bidang penampang yang akan menyebabkan korosi pada penulangan dan kemerosotan kualitas pada beton secara gradual (bertahap). Kondisi retak pada penampang akan mengurangi luas tahanan penampang, sehingga akan mengurangi inersia (kelembaman) penampang. Jika hal tersebut terjadi, maka kekakuan lentur beton juga akan menurun tajam.



Gambar 2. (a) Pola retak beton bertulang akibat gaya tarik, (b) Pola retak beton bertulang akibat momen, (c) Pola retak beton bertulang akibat geser.



Gambar 3. (a) Retak geser pada balok sederhana pada tumpuan elastis; (b) Pola retak kegagalan tekanan geser; (c) Pola retak geser pada pelat lantai (Wight, 2016)

Gambar diatas adalah pola – pola retak yang seringkali ditemui pada beton bertulang. Pada struktur bangunan, dewasa ini banyak digunakan bahan-bahan kuat tinggi, termasuk penggunaan bahan beton dan baja tulangan. Bagian struktur beton pada daerah yang mengalami tarik umumnya memperlihatkan suatu fenomena retak pada permukaanya. Retak-retak ini tidak merugikan kecuali bila lebar retaknya menjadi melebihi batas, dalam hal ini keawetan beton terganggu karena kondisi tulangnya menjadi terbuka terhadap korosi.

Tidak bisa diabaikan bahwa suhu dapat mengakibatkan keretakan pada beton bertulang. Perubahan suhu dari suhu rendah ke suhu tinggi mengakibatkan pemuaian pada beton dan akan mengakibatkan keretakan. Uji XRD dan uji EDAX yang telah dilakukan oleh Edhi Wahyuni menunjukkan bahwa suhu pembakaran mempengaruhi kondisi senyawa kimia, senyawa kimia Ca (OH)₂ atau portlandite dan SiO₂ atau silika yang mengakibatkan perubahan sifat mekanik pada beton.

Portlandite bertindak sebagai bahan pengikat pada campuran beton, penurunan portlandite sangat mempengaruhi kekuatan beton. Dalam penelitian Edhi Wahyuni, hal tersebut ditunjukkan oleh beban yang diperlukan untuk mendapatkan lebar retak lebih rendah ketika suhu pembakaran beton lebih tinggi dari 400°C. Pada penelitiannya didapatkan bahwa SiO₂ sangat penting dalam beton dikarenakan senyawa ini memiliki fungsi sebagai bahan pengisi. Selain itu, senyawa tersebut dapat meningkatkan kuat tekan dan permeabilitas beton karena kemampuan dalam mengisi pori – pori pada beton

II. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian Eksperimental. Pembuatan benda uji beton bertulang untuk uji kuat lentur beton bertulang maupun benda uji silinder untuk uji kuat tekan beton dilakukan di Laboratorium Bahan Kontruksi Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya Malang. Penelitian ini menggunakan bahan dan peralatan yang disesuaikan dengan kebutuhan penelitian. Bahan alam yang digunakan untuk benda uji diperoleh dari kota Malang dan beberapa dari

luar kota Malang.

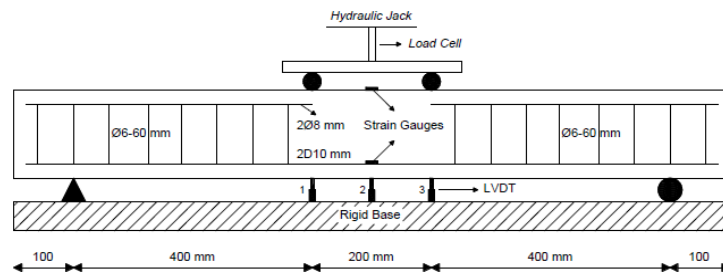
1. Bahan campuran beton dan baja tulangan yang digunakan untuk balok beton bertulang adalah : Semen PPC (Portland Pozzolan Cement) Produksi PT. Semen Gresik, Agregat halus dari Malang dan sekitarnya, Agregat kasar dari Malang dan sekitarnya. Air yang diperoleh dari PDAM Kota Malang. Baja tulangan Ø6 mm polos untuk tulangan sengkang, Ø8 mm polos dan Ø10 ulir untuk tulangan utama.
2. Peralatan yang digunakan untuk melakukan pengujian adalah peralatan pembakaran benda uji adalah tungku pembakaran keramik lengkap dengan termokopel milik UPT Keramik Disperindag Provinsi Jawa Timur di Jalan Sunandar Priyo Sudarmo No 22, Kota malang, Compression Testing Machine berfungsi untuk menguji kuat tekan benda uji silinder.
3. Benda uji yang digunakan yaitu Benda uji kuat tekan silinder ukuran 15 x 30 cm, Benda uji tekan lentur balok beton bertulang ukuran 10 x 15 x 120 cm. Set mix campuran beton menggunakan peraturan SNI yang berumur 28 hari

Tabel 2. Benda uji silinder beton

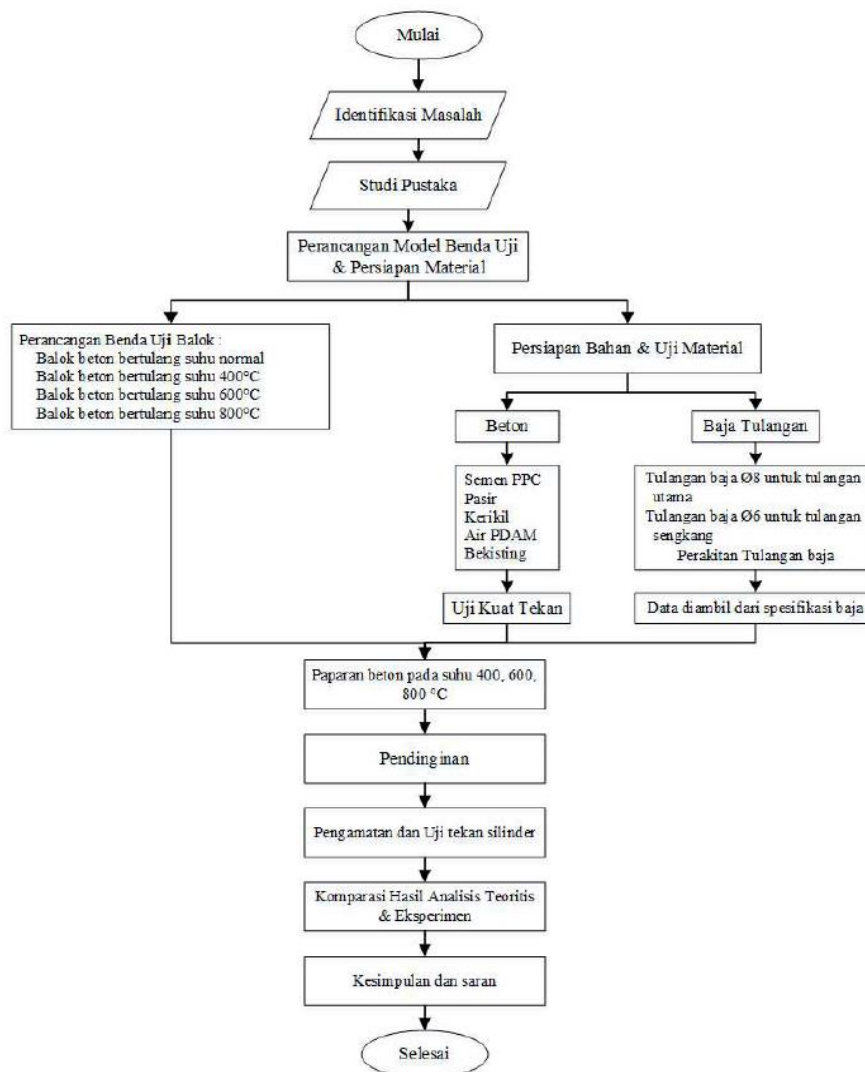
Benda Uji Silinder	Suhu	Jumlah
SL1	27°C	20
SL2	400°C	20
SL3	600°C	20
SL4	800°C	20

Tabel 3. Benda uji balok beton bertulang

Benda Uji Balok	Suhu	Jumlah
BL1	27°C	3
BL2	400°C	3
BL3	600°C	3
BL4	800°C	3



Gambar 5. Detail penulangan dan pengujian lentur balok beton bertulang

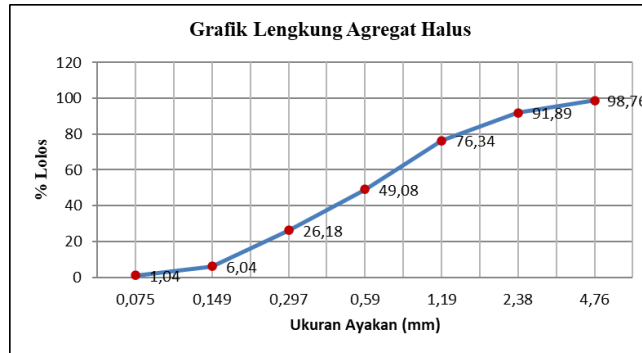


Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

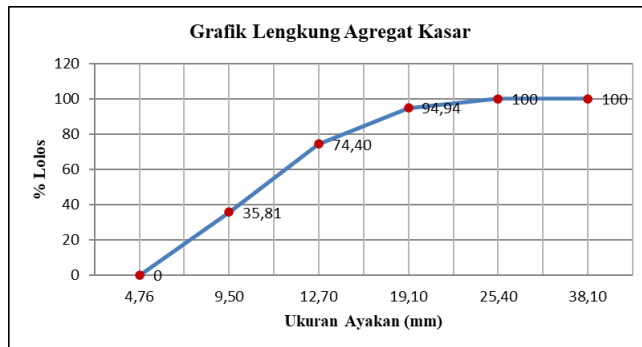
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Bahan Material dan Penyusun Beton

Bahan agregat halus dan kasar yang digunakan sebagai material dalam pengujian diperoleh di daerah sekitar Malang. Analisis agregat halus dan kasar yang telah dilakukan meliputi analisis gradasi dan modulus kehalusan, kadar air, berat jenis jenuh kering permukaan, penyerapan air, dan berat isi beton. Untuk mendapatkan mutu beton yang tinggi yakni 35 Mpa maka agregat yang dipakai harus memenuhi gradasi yang baik yakni terbagi rata setiap ukuran. Dari pengujian tersebut didapatkan data seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.1 dibawah ini.



Gambar 5. Grafik lengkung agregat halus

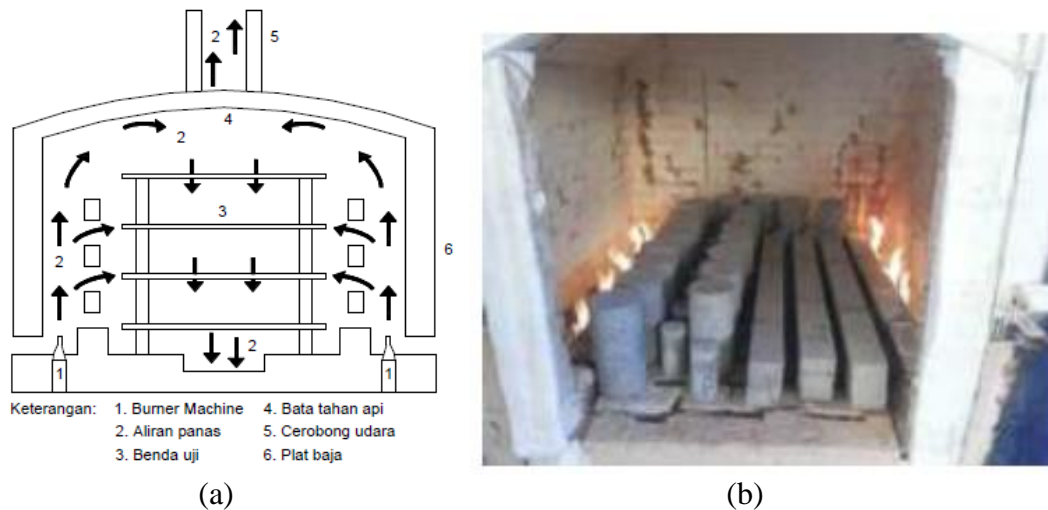


Gambar 6. Grafik lengkung agregat kasar

B. Proses Paparan Suhu Tinggi

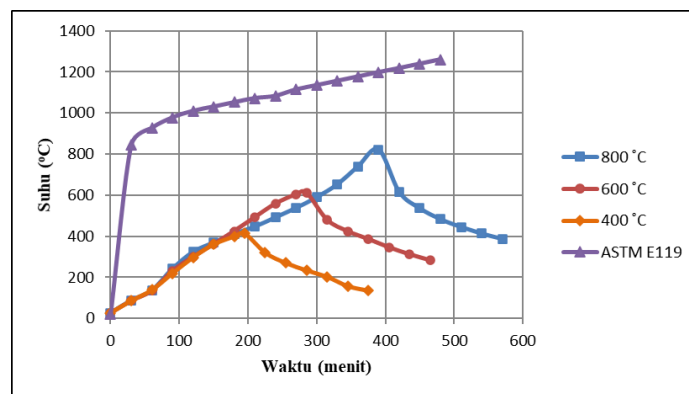
Setelah benda uji silinder dan benda uji balok beton bertulang dibuat maka proses berikutnya adalah paparan benda uji ke dalam tungku pembakar keramik. Benda uji disusun sedemikian rupa untuk mendapatkan paparan suhu panas yang maksimum. Pembagian waktu dan hari pada waktu paparan suhu tinggi pada tungku pembakar disesuaikan dengan benda uji yang telah dibuat yakni benda uji untuk suhu 400°C, 600°C, dan 800°C.

Proses paparan suhu tinggi untuk setiap variasi benda uji menggunakan jenis tungku panas berbalik yang mempunyai kecepatan pemanasan sebesar ± 125 °C/Jam. Sedangkan untuk mengukur suhu yang berada di dalam tungku pemanas pada penelitian ini menggunakan *Thermocouple* yang kapasitas maksimum suhunya sebesar 1200 °C.



Gambar 7. (a) Skema paparan suhu didalam tungku, (b) Benda uji di dalam tungku pembakaran

Kenaikan suhu pada proses paparan suhu tinggi benda uji mempunyai kecepatan yang relatif sama untuk masing-masing variasi suhu pemanasan yang digunakan, demikian pula dengan besarnya penurunan suhu pada proses pendinginan benda uji, pengukuran suhu pada saat proses pendinginan tidak mencapai besarnya suhu ruang yakni 27°C , tetapi dilakukan selama 180 menit pada saat api didalam tungku pembakaran keramik dimatikan.



Gambar 8. Perubahan suhu ketika paparan suhu tinggi dan saat penurunan suhu (api dimatikan).

C. Kapasitas Penampang Balok Beton Bertulang

Pengujian lentur balok beton bertulang yang dilakukan pada balok normal maupun yang mengalami paparan suhu 400°C , 600°C dan 800°C secara teoritis didapatkan dari percobaan uji tekan silinder baik normal maupun yang terkenan paparan suhu tinggi kemudian dimasukkan dalam perhitungan kapasitas lentur balok beton bertulang didapatkan nilai seperti ditabel bawah ini.

Tabel 4. Tabel kapasitas penampang balok beton bertulang hasil perhitungan teoritis

Benda Uji	BETON SUHU	P Retak awal (Pcr)	P Maks (Pu)
	°C	Kg	Kg
BN	27	776,67	4035,71
BS1	400	628,23	3884,22
BS2	600	605,43	3874,83
BS3	800	513,82	3655,97

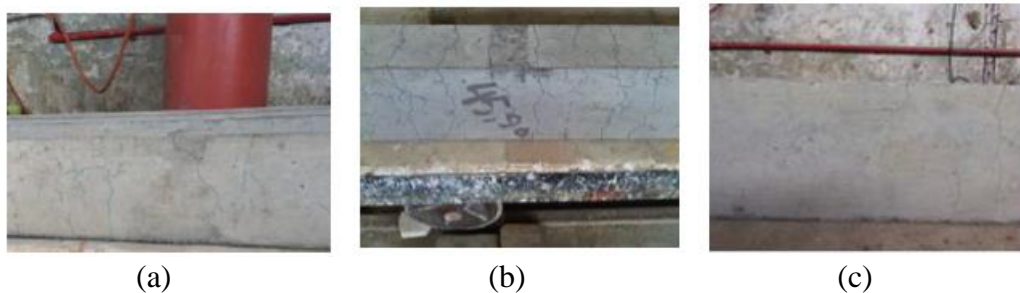
Tabel 5. Tabel kapasitas penampang balok beton bertulang hasil eksperimen

Benda Uji	BETON SUHU	P Retak awal (Pcr)	P Maks (Pu)
	°C	Kg	Kg
BN	27	800,00	3800,00
BS1	400	600,00	3500,00
BS2	600	500,00	3200,00
BS3	800	400,00	3100,00

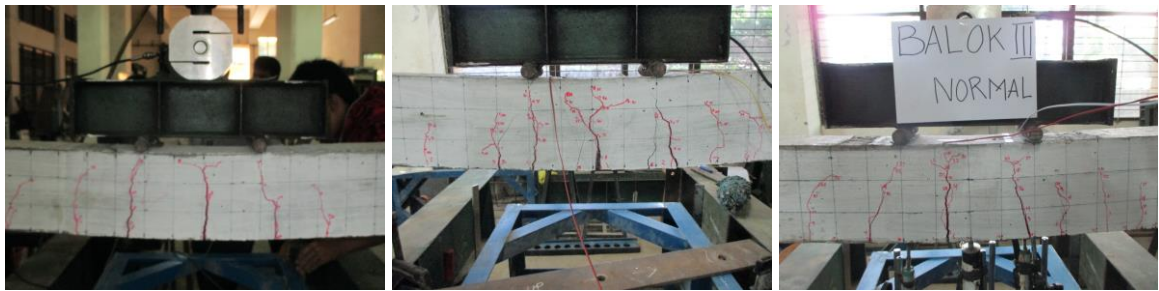
Pada tabel dapat dilihat bahwa balok beton bertulang yang telah mengalami paparan suhu tinggi 400 °C, 600 °C dan 800 °C (BS1, BS2, BS3) mengalami penurunan secara berturut nilai beban terhadap balok normal (BN) atau balok kontrol sebesar 25,0% ; 37,5% dan 50,0% untuk besarnya beban retak pertama dan sebesar 8,0% ; 16,0% dan 19,0% untuk besarnya beban maksimum.

D. Pola Retak

Terjadi perubahan sifat fisik pada beton setelah proses paparan suhu tinggi pada beton baik benda uji silinder maupun balok beton. Beton normal yang pada awalnya mempunyai warna yang abu-abu setelah terkena paparan suhu tinggi mengalami perubahan warna menjadi sedikit memutih dan menguning [1]. Hal ini disebabkan karena terjadi hidrasi pada pasta semen. Dan permukaan benda uji beton menjadi retak permukaan (spalling). Spalling terjadi ketika tekanan uap air di dalam beton meningkat lebih cepat daripada tekanan permukaan ketika uap air terbebas ke atmosfer.



Gambar 9. Retak *spalling* akibat paparan suhu tinggi (a) 400°C, (b) 600°C, dan (c) 800°C



Gambar 10. Pola retak lentur pada ketiga benda uji balok beton bertulang normal



Gambar 11. Pola retak lentur pada ketiga benda uji balok beton bertulang suhu 400°C



Gambar 12. Pola retak lentur pada ketiga benda uji balok beton bertulang suhu 600°C



Gambar 13. Pola retak lentur pada ketiga benda uji balok beton bertulang suhu 800°C

Pola Retak pada balok beton bertulang paparan suhu normal, 400°C, 600°C dan 800°C terlihat pada gambar diatas adalah pola retak lentur dimana arah retakan dimulai dari daerah tarik paling luar menuju ke daerah tekan.

IV. KESIMPULAN

Balok beton bertulang yang telah mengalami paparan suhu tinggi 400 °C, 600 °C dan 800 °C (BS1, BS2, BS3) mengalami penurunan secara berturut nilai beban terhadap balok normal (BN) atau balok kontrol sebesar 25,0% ; 37,5% dan 50,0% untuk besarnya beban retak pertama dan sebesar 8,0% ; 16,0% dan 19,0% untuk besarnya beban maksimum.

Sedangkan untuk pola retak pada balok beton bertulang paparan suhu normal, 400°C, 600°C dan 800°C yang terjadi adalah pola retak lentur dimana arah retakan dimulai dari daerah tarik paling luar menuju ke daerah tekan

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami ucapkan terimakasih kepada pihak-pihak yang telah mendukung penulisan artikel ini terutama pada Program Studi Teknik Sipil dan Fakultas Teknik Universitas Merdeka Malang yang telah memberikan wadah untuk publikasi ilmiah artikel ini.

REFERENSI

- [1] Prasetya, Rizki. 2021. Kuat Tekan Dan Durabilitas Beton Setelah Paparan Suhu Tinggi 400°C, 600°C Dan 800°C. *Proceeding Seminar Keinsinyuran 2021. Volume 1*, Malang : 5 Mei 2021. Hal 67-75.
- [2] S. Mindess, Y. J. Francis, and D. Darwin, "Concrete 2nd edition Prentice Hall," ed: pearson Education, Inc Upper Saddle River, NT, 2003.
- [3] Prasetya, Rizki. 2021. Identifikasi Sifat Fisik pada Beton Setelah Paparan Suhu Tinggi 400°C, 600°C dan 800°C. E - Prosiding SISTEK 2021. No. 1, Malang : November 2020. Hal 171-176.
- [4] Mehta, P Kumar, dan Monteiro, PJM. 2006. Concrete – Structure, Properties, and Materials. Prentice-Hall, New Jersey.
- [5] Wahyuni, Edhi. 2012. Perilaku Retak Balok Beton Bertulang Akibat Suhu Tinggi, Malang.
- [6] Wight, K.J. 2016. Reinforced Concrete-Mechanics and Design. Seven Edition Pearson.
- [7] Hidayat, S., 2009. Semen-Jenis dan Aplikasinya. Kawah Media