

## **BAB 2**

### **KAJIAN PUSTAKA**

#### **2.1 Penelitian Terdahulu**

1. Penelitian yang dilakukan oleh I Made Suardana Kader dan I Made Jaya tahun 2018 menjelaskan bahwa spesifikasi minimum kuat lentur beton untuk struktur perkerasan kaku adalah 4,5 MPa. Jika diperkirakan, mutu beton yang memenuhi persyaratan tersebut adalah  $f'_c$  41. Untuk mendapatkan beton  $f'_c$  41 membutuhkan material yang sangat baik, metode terukur, implementasi dan pengawasan ketat. Dalam kondisi ini, beton normal dirancang tetapi memenuhi persyaratan dengan 1) menambahkan serat kawat dengan variasi 0,5%, 0,75%, 1%, 3% dan 5% dari berat beton dan 2) memberi lapisan serat karbon di bawah lapisan beton tanpa perekat resin. Hasil penelitian mengungkapkan bahwa penambahan serat kawat ternyata kurang dari 5% keluar untuk membuat nilai kekuatan lentur lebih rendah daripada tanpa kawat, sehingga pada 5% isi kawat kekuatan lentur sedikit melebihi kekuatan lentur tanpa kawat. Nilai kuat lentur tanpa kawat adalah 4,57 MPa, kuat lentur dengan konten kabel 5% adalah 4,94 MPa, menghasilkan perbedaan 0,44 MPa atau lebih besar 9,47%. Untuk kekuatan lentur dengan lapisan serat karbon di bagian bawah, nilai kekuatan lentur meningkat secara signifikan menjadi 5,63 MPa atau sekitar 25,10%. Ini dapat dimaklumi karena serat karbon memiliki spesifikasi kekuatan tarik yang tinggi dan merupakan bahan utama dalam kegiatan retrofit.
  
2. Penelitian yang dilakukan oleh Maulana Teguh Paripurna tahun 2017 menjelaskan penelitian mengenai campuran beton dengan pemanfaatan air es, fly ash dan retarder yang diasumsikan mampu memperlambat waktu pengerasan beton (setting time) belum banyak dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui temperatur beton dan setting time beton pada perkerasan kaku yang menggunakan pemanfaatan air es dengan variasi suhu 5°C, 10°C, 15°C, 20°C dan 27°C, sedangkan karakteristik beton terhadap kuat lentur dan kuat tekan dianalisa pada campuran beton dengan pemanfaatan air es, fly

ash dan retarder. Jumlah total variasi campuran beton ada 11 macam, sedangkan untuk jumlah benda uji kuat tekan sebanyak 55 buah dan kuat lentur beton sebanyak 33 buah. Metode yang digunakan untuk perhitungan temperatur beton menggunakan ACI (American Concrete Institute), 2010 dan CCAA (Cement Concrete & Aggregates Australia), 2004, sedangkan penentuan proporsi campuran beton rigid pavement berdasarkan Spesifikasi Jalan Bebas Hambatan Dan Jalan Tol Bina Marga Tahun 2015 yang mengacu persyaratan Standar Nasional Indonesia (SNI) tentang struktur beton. Berdasarkan analisa, mengindikasikan bahwa semakin dingin air yang digunakan, maka akan semakin rendah suhu beton yang dihasilkan. Kecenderungan setting time terhadap suhu terendah adalah memiliki waktu yang lebih lama. Karakteristik beton terhadap kuat lentur berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan memiliki trend bahwa beton yang menggunakan pemanfaatan air es, fly ash dan retarder cenderung mempunyai kuat lentur yang lebih baik dibandingkan dengan campuran lainnya, apabila suhu air semakin rendah kuat lentur cenderung naik. Terhadap kuat tekan beton, berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan memiliki trend bahwa beton yang menggunakan pemanfaatan air es, fly ash dan retarder cenderung mempunyai kuat tekan yang lebih baik dibandingkan dengan campuran lainnya, semakin tinggi suhu air maka kuat tekan naik.

3. Penelitian yang dilakukan oleh Rahmat, Irna Hendriyani dan Ryandi Dito Pratama tahun 2017 menjelaskan bahwa Jalan tol Balikpapan – Samarinda jalan tol ini menggunakan perkerasan kaku. Perencanaan jalan tol ini oleh Dinas Pekerjaan Umum Provinsi Kalimantan Timur, mensyaratkan memiliki kuat lentur minimal  $45 \text{ kg/cm}^2$  untuk umur beton 28 hari. Karenanya tujuan dari penelitian ini adalah melakukan kajian pada kuat lentur beton pada perkerasan kaku jalan tol Balikpapan-Samarinda berdasarkan perencanaan campuran beton di lapangan. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen di laboratorium. Sampel pengujian dibuat berdasarkan perencanaan adukan beton yang digunakan di lapangan dan dilakukan pengujian di laboratorium. Sampel yang digunakan sebanyak 12 buah untuk

silinder ukuran  $15 \times 30$ , dan 12 buah untuk balok ukuran  $15 \times 15 \times 60$ , yang akan diuji pada umur 7, 14, 21, dan 28 hari. Hasil pengujian kuat tekan pada silinder didapatkan sebesar  $382 \text{ kg/cm}^2$ , lebih besar 27% dari perencanaan, dan kuat lentur pada balok sebesar  $53,48 \text{ kg/cm}^2$ , lebih besar 18% dari persyaratan. Maka dapat disimpulkan bahwa pekerjaan perkerasan kaku pada jalan tol Balikpapan-Samarinda telah sesuai dengan persyaratan yang telah ditetapkan oleh Dinas Pekerjaan Umum Provinsi Kalimantan Timur.

4. Penelitian yang dilakukan oleh Suhendra tahun 2017 menjelaskan bahwa perkerasan kaku (rigid pavement) saat ini hampir di semua ruas jalan nasional, provinsi maupun kabupaten digunakan sebagai pengganti perkerasan lentur (flexible pavement). Salah satu kontrol kualitas perkerasan kaku beton semen adalah nilai kuat lenturnya ( $f_r = 45 \text{ kg/cm}^2$  pada umur 28 hari) sebagaimana yang tercantum dalam Spesifikasi Umum Bina Marga tahun 2010 revisi 3 yang diedarkan pada tahun 2014. Spesifikasi ini tidak lagi mengatur nilai kuat tekan beton semen yang digunakan pada perkerasan kaku. Hal ini merupakan suatu tantangan bagi dunia pelaksanaan konstruksi karena selama ini pengadaan beton semen adalah berdasarkan mutu kuat tekannya. Formula yang ada di SNI 2847:2013 tentang beton bahwa  $f_r = 0,62 \sqrt{f_c}$ . Sementara para pelaksana konstruksi umumnya masih menggunakan spesifikasi bina Marga revisi sebelumnya yang memuat mutu beton (K-350), sehingga mutu lentur pada umumnya tidak tercapai. Penelitian ini melingkupi nilai hasil uji lentur yang dilakukan di laboratorium fakultas teknik terhadap balok yang disediakan oleh pihak ketiga yang menggunakan jasa laboratorium serta benda uji yang dibuat di laboratorium. Hasil uji menunjukkan bahwa terbukti ada korelasi antara kuat lentur terhadap kuat tekan beton. Hubungannya kurang lebih sama dengan formula yang tercantum dalam SNI beton.
5. Penelitian yang dilakukan oleh Lydia Darmiyanti tahun 2018 menjelaskan bahwa beton adalah ikatan dari material pembentuk yang terdiri dari campuran semen, air dan agregat (kasar dan halus). Kuat lentur beton 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. Balok yang diberi beban akan mengalami deformasi dan oleh sebab itu timbul momen-momen lentur sebagai perlawanan dari material yang membentuk balok tersebut terhadap beban luar. Kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan. Tujuan dari penelitian ini adalah, membandingkan hubungan antara kuat lentur beton dan kuat tekan beton. Penelitian dilakukan dengan melaksanakan pengujian karakteristik material, perencanaan campuran beton, pembuatan benda uji, perawatan, pengetestan dan analisis data. Pada penelitian dilakukan perawatan selama 28 hari dengan benda uji yang digunakan adalah balok 150x150x600 mm sebanyak 18 buah untuk pengujian kuat lentur dan silinder 150x300 mm sebanyak 18 buah untuk pengujian kuat tekan beton. Variasi mutu beton yang digunakan yaitu K-350, K-400 dan K-450. Hasil pengujian menyatakan bahwa nilai kuat lentur pada beton mengalami kenaikan yaitu semakin besar nilai kuat tekan maka nilai kuat lentur yang dihasilkan semakin besar pula. Pada penelitian ini nilai perbandingan didapat berkisar 0,72 sampai 0,75.

6. Penelitian yang dilakukan oleh Sugeng Wiyono, Zulhendri, Mohd. Alfajrizal dan Anas Puri tahun 2018 menjelaskan bahwa semen merupakan suatu bahan pembentuk beton yang berperan sangat penting untuk mencapai mutu yang direncanakan. Selain pemilihan jenis merek semen, salah satu cara untuk mendapatkan kualitas beton yang baik yaitu dengan cara melakukan perawatan. penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana kualitas tiga merek semen terhadap kuat tekan dan kuat lentur beton disamping itu juga bertujuan untuk mengetahui seberapa besar perbedaan kekuatan dari masing-masing merek semen terhadap beton yang dirawat dan tanpa dirawat. Pada penelitian ini menggunakan metode eksperimental yang sesuai dengan SK SNI T-15-1990-03. Penelitian ini menggunakan semen Padang, semen Holcim, dan semen Bosowa, dengan menggunakan

jenis perawatan perendaman pada sampel beton, pengujian yang dilakukan adalah pengujian kuat tekan dan kuat lentur dengan mutu rencana  $f_c$  30 MPa dengan umur 7, 14, 28, dan 56 hari, untuk masing-masing umur dibuat 3 benda uji dirawat dan 3 benda uji tidak dirawat. Dari hasil uji kuat tekan rata-rata semen padang memiliki kekuatan 32,65 MPa, semen holcim 31,33 MPa dan semen bosowa 30,86 MPa. Sedangkan untuk pengujian kuat lentur semen padang 4,35 MPa, semen holcim 4,23 MPa dan semen bosowa 4,18MPa, sementara beton yang tidak dirawat memiliki nilai lebih rendah dari beton yang dirawat. Dari hasil pengujian tersebut dapat dilihat bahwa pemakaian merek semen perlu diperhatikan karakteristiknya serta perawatan mempunyai kontribusi yang cukup besar dalam mendapatkan mutu beton hasil pelaksanaan.

7. Penelitian yang dilakukan oleh Anggi Suryani, Sri Hartati Dewi dan Harmiyati tahun 2018 menjelaskan bahwa penggunaan konstruksi beton diminati karena beton memiliki sifat-sifat yang menguntungkan seperti ketahanannya terhadap api, awet, kuat tekan yang tinggi dan dalam pelaksanaannya mudah untuk dibentuk sesuai dengan bentuk yang dikehendaki. Tetapi konstruksi beton juga mempunyai kelemahan-kelemahan antara lain kemampuan menahan kuat lentur yang rendah sehingga konstruksinya mudah retak jika mendapatkan regangan lentur. Hal ini menjadikan pengujian kuat lentur beton sebagai persyaratan dalam penerimaan hasil pekerjaan. Namun disisi lain dalam hal pembuatan campuran beton yang selama ini mengacu pada kuat tekan, menjadi tantangan bagi pelaksana yang harus melakukan perencanaan beton (mix design) dan trial mix terlebih dahulu, sehingga perlu dilakukan pengkoreksian. Sehingga penelitian ini bermaksud untuk memperoleh hasil kuat lentur dan kuat tekan beton dengan menghasilkan nilai korelasi kuat lentur beton terhadap kuat tekan beton sesuai kuat lentur dan kuat tekan yang direncanakan maupun disyaratkan. Penelitian ini menggunakan metode Departemen of Environment (DoE) dalam SNI 03-2834-2000 untuk mix design beton. Perencanaan mutu beton K-500 dan kuat lentur rencana  $FS = 45 \text{ kg/ (4,4 MPa)}$  dengan penggunaan bahan tambah superplasticizer

0,5% merk TanCem 20 RA dengan benda uji balok, silinder, dan kubus, dengan slump rencana 30-60 mm. hasil penelitian bahwa pada perawatan 14 dan 28 hari diperoleh hasil pengaruh terhadap beton tanpa superplasticizer 0,5% dengan beton penggunaan bahan tambahan superplasticizer 0,5% terjadi peningkatan pada perawatan 14 hari dengan benda uji balok sebesar 3,26% dan kubus sebesar 22,25%. Peningkatan pada perawatan 28 hari benda uji balok sebesar 3,36%, silinder sebesar 8,09% dan kubus sebesar 7,56%. Terjadi penurunan pada perawatan 14 hari dengan benda uji silinder sebesar 3,21%. Hasil korelasi kuat lentur dengan kuat tekan beton benda uji balok dan silinder, dari hasil mendapatkan nilai korelasi pada perawatan 14 hari tanpa dan dengan tambahan zat addiktif superplasticizer 0,5% didapat persamaan bahwa  $FS = K\sqrt{f_c}$  : nilai K sebesar 0,96 dan 0,87, sedangkan pada perawatan 28 hari tanpa dan dengan tambahan zat addiktif superplasticizer 0,5% didapat persamaan bahwa  $FS = K\sqrt{f_c}$  : nilai K sebesar 0,86 dan 0,99, maka dapat disimpulkan dari hasil penelitian ini nilai korelasi kuat lentur beton dengan kuat tekan beton bahwa berhubungan sangat kuat yang mana nilai koefisien korelasi di antara 0,80 sampai 1,00.

8. Penelitian yang dilakukan oleh Fanto Pardomuan Pane, H. Tanudjaja dan R.S Windah tahun 2015 menjelaskan bahwa beton adalah campuran antara semen Portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar, dan air dengan atau tanpa bahan tambah membentuk massa padat. Beton polos memiliki kekuatan tekan yang tinggi dibandingkan dengan kekuatan tariknya. Kuat tekan beban beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan. Kuat tarik beton biasanya 8%-15% dari kuat tekan beton. Kuat tarik adalah suatu sifat yang penting yang mempengaruhi perambatan dan ukuran dari retak di dalam struktur. Sebuah balok yang diberi beban akan mengalami deformasi, oleh sebab itu timbul momen-momen lentur sebagai perlawanan dari material yang membentuk balok tersebut terhadap beban luar. 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 dan dinyatakan dalam Mega Pascal (MPa) gaya tiap satuan luas. Tujuan dari penelitian ini adalah, membandingkan hubungan antara kuat tarik lentur beton dan kuat tekan beton. Pada penelitian dilakukan perawatan selama 28 hari dengan benda uji yang digunakan adalah balok 100x100x400 mm sebanyak 32 buah untuk pengujian kuat tarik lentur dan silinder 10/20 mm sebanyak 20 buah untuk pengujian kuat tekan. Variasi kuat tekan yang digunakan yaitu 20,25,30 dan 35 MPa. Hasil pengujian menyatakan bahwa nilai kuat tarik lentur pada beton mengalami kenaikan yaitu semakin besar nilai kuat tekan maka nilai kuat tarik lentur yang dihasilkan semakin besar pula. Pada penelitian ini nilai  $f_r/\sqrt{f_c}$  berkisar 0,81 sampai 0,83.

9. Penelitian yang dilakukan oleh Maudiawan Mubarak dan Rulhendri Syaiful tahun 2020 menjelaskan bahwa jalan merupakan prasarana transportasi darat paling banyak digunakan oleh masyarakat dalam melakukan mobilitasnya. Jalan Dramaga merupakan jalan di kabupaten Bogor yang mempunyai tingkat kepadatan lalu lintas yang tinggi, telah dilakukan pengembangan ruas jalan pada tahun 2018 yang menghubungkan jalan Dramaga dan jalan Laladon dalam rangka mengurangi kemacetan. Selain itu, jalan babakan tengah sebagai akses jalan menuju dramaga mengalami kerusakan akibat tidak terpeliharanya lingkungan sekitar dan buruknya saluran drainase. Telah dilakukan beberapa kali penanganan dalam perbaikan kerusakan tersebut namun hasilnya tidak sampai bertahan lama, dan rusak kembali. Oleh karena itu, perlu adanya suatu penanganan yang tepat yakni dengan meningkatkan jalan menjadi perkerasan kaku (rigid pavement) yang dapat bertahan lama dan melakukan analisis geometrik jalan dalam meningkatkan arus lalu-lintas. Dalam penelitian ini, dihasilkan tebal perkerasan sebesar 25 cm dari hasil perhitungan menggunakan metode AASHTO, dengan tulangan memanjang D12-500 dan tulang melintang D12-300, dengan sambungan melintang menggunakan dowel yang digunakan diameter 32mm panjang 450mm, sambungan memanjang digunakan tie bar

berdiameter 16 mm, panjang 20 cm dan jarak = 100cm dan hasil analisis geometrik didapatkan 1 tikungan dengan jenis full circle dengan nilai jari-jari minimum sebesar 112,04 m.

10. Penelitian yang dilakukan oleh Riduan, Eti Sulandari dan Sumiyatinnah tahun 2019 menjelaskan bahwa konstruksi perkerasan kaku banyak digunakan pada kondisi tanah dasar yang memiliki daya dukung rendah, atau di atas tanah dengan kondisi yang memiliki daya dukung yang tidak seragam. Namun, terkadang di lapangan, pelaksana pekerjaan mengalami kendala dengan keterbatasan bahan yang tidak memenuhi spesifikasi yang telah direncanakan. Sehingga penggunaan material baru atau material yang sudah ada di lokasi sekitar dipilih sebagai bahan baku alternatif. Metodologi penelitian ini adalah tentang studi tentang kuat tekan dan kuat lentur, dengan uji silinder beton dan balok beton. Campuran beton direncanakan menggunakan metode SNI 2002 dengan dua variasi susunan filter yaitu susunan saringan normal dan susunan saringan tanpa saringan dengan ukuran 9,5 mm. Dari hasil penelitian diperoleh beberapa kesimpulan Kuat Tekan Beton dengan susunan saringan tanpa ukuran 9,5 mm memiliki nilai rata – rata lebih tinggi sebesar 45,11 Mpa atau 554,02 Kg/cm<sup>2</sup> sedangkan beton susunan saringan normal nilai rata – rata sebesar 41,84 Mpa atau 513,85 kg/cm<sup>2</sup> dengan selisih 7,24 %. Berbanding lurus dengan kekuatan Lentur beton untuk umur 28 hari nilai kuat lentur beton susunan saringan tanpa ukuran 9,5 mm memiliki nilai rata – rata lebih tinggi yaitu 57,86 kg/cm<sup>2</sup> atau 4,71 Mpa sedangkan untuk beton normal memiliki nilai rata – rata yaitu sebesar 53,03 kg/cm<sup>2</sup> atau 4,32 Mpa dengan persentase perbandingan 8,28%. Didapat kekuatan lentur yang relatif sama. Untuk SNI T 15-1991- 03 kuat lentur untuk susunan saringan normal sebesar 4,63 Mpa dan susunan saringan tanpa ukuran 9,5 mm nilai rata - rata sebesar 4,68 Mpa dengan selisih 1 %. Dan Untuk ACI 318 beton dengan susunan saringan normal sebesar 4,10 Mpa dan untuk susunan saringan tanpa ukuran 9,5 mm nilai rata - rata sebesar 4,14 Mpa dengan selisih 0,96 %. Adapun dalam perhitungan analisa untuk benda uji langsung dengan rumus  $F_{lt} = k \sqrt{F_c'}$  maka didapat nilai k untuk beton susunan saringan normal sebesar 0,67 yaitu



kuat lentur rata – rata 4,32 Mpa serta kuat tekan rata – rata 41,84 Mpa dan untuk beton susunan saringan tanpa ukuran 9,5 mm sebesar 0,70 yaitu kuat lentur rata – rata 4,71 Mpa serta kuat tekan rata - rata 45,11 Mpa. Gradasi Sela ( gap gradation ) tidak berpengaruh buruk terhadap kekuatan beton. Serta interlocking dan kemampatan dari pengaruh penambahan volume dari ukuran agregat kasar 5 mm < 10 mm dengan persentase yang sesuai sebab penghilangan agregat kasar ukuran 10 mm < 20 mm, menjadi lebih baik. Pori – pori dari beton melalui pengamatan langsung terlihat lebih kecil hal ini menyebabkan naiknya mutu kekuatan beton.

11. Penelitian yang dilakukan oleh Panji Krisna Wardana dan Nyoman Suaryana tahun 2015 menjelaskan bahwa standar perencanaan jalan beton untuk lalu-lintas rendah belum ada, maka tujuan kajian ini adalah membuat perancangan tebal perkerasan kaku yang sederhana dan sesuai dengan kondisi di Indonesia. Metodologi yang digunakan dalam kajian ini adalah metoda analitis dengan menggunakan metoda perancangan tebal perkerasan dari PCA (Portland Cement Assosiation). Berdasarkan hasil survey lapangan di Jawa Barat dan Jawa Tengah diperoleh bahwa Kuat tekan beton kubus yang dominan digunakan di jalan kabupaten/kota adalah 250 Kg/cm<sup>2</sup> (S'c 28 = 35 Kg/cm<sup>2</sup>), 300 Kg/cm<sup>2</sup> (S'c 28 = 38 Kg/cm<sup>2</sup>) dan 350 Kg/cm<sup>2</sup> (S'c 28 = 41 Kg/cm<sup>2</sup>). Dari hasil simulasi perancangan, diperoleh perbedaan temperatur antara sisi atas dan bawah pelat terlihat cukup berpengaruh, penambahan ketebalan untuk setiap penambahan 1°c adalah antara 5–7 mm. Mutu beton juga berpengaruh pada besarnya penambahan ketebalan perkerasan kaku, untuk setiap penambahan nilai kuat tekan beton 100 Kg/cm<sup>2</sup>, maka ketebalan akan berkurang sekitar 1,6 mm. Nilai beban maksimum (MST) mempengaruhi tebal perkerasan beton, yaitu dengan penambahan tebal perkerasan beton sekitar 4 cm dapat menaikkan MST sebesar 4 ton. Dalam desain yang diusulkan, kelas jalan dibagi menjadi 3 kelompok dan CBR tanah dasar ditetapkan minimum 6%. Sementara kuat tekan beton yang digunakan adalah K250 untuk jalan desa/pemukiman, K300 untuk jalan lokal/kolektor

serta K350 untuk jalan daerah industri. Ketebalan jalan beton yang diperoleh berturut-turut adalah 15 cm, 20 cm dan 23 cm.

TABEL 2.1. MATRIKS PENELITIAN TERDAHULU

| No. | Nama Peneliti   | Judul Penelitian  | Metode Penelitian  | Variabel Penelitian  | Hasil Penelitian  |
|-----|---|---|--|--|---|
| 1   | I Made Suardana<br>Kader<br>I Made Jaya<br>Tahun 2018             | Modifikasi Beton Normal sebagai <i>Rigid Pavement</i> yang Memenuhi Syarat Kuat Lentur                                  | Metode terukur dan pengawasan ketat                                    | Balok beton tanpa modifikasi<br>Balok beton dengan penambahan serat kawat bendrat<br>Balok beton dengan lapis serat karbon | Penambahan serat kawat pada campuran beton sangat mempengaruhi kuat lenturnya.  |
| 2   | Maulana Teguh Paripurna<br>Tahun 2017                             | Karakteristik Beton pada Perkerasan Kaku dengan Pemanfaatan Air Es dan <i>Fly Ash</i> terhadap Kuat Lentur & Kuat Tekan | Metode perhitungan temperatur beton menggunakan ACI 2010 dan CCAA 2004 | Pengaruh temperatur beton terhadap <i>setting time</i>   | Beton yang menggunakan pemanfaatan air es, <i>fly ash</i> dan <i>retarded</i> cenderung mempunyai kuat lentur yang lebih baik dibandingkan dengan campuran lainnya, semakin tinggi suhu air maka kuat tekan semakin naik. |
| 3   | Rahmat<br>Irna Hendriyani<br>Ryandi Dito<br>Pratama<br>Tahun 2017 | Kajian Kuat Lentur Beton pada Perkerasan Kaku Jalan Tol Balikpapan-Samarinda  | Metode eksperimen di laboratorim                                       | Proporsi campuran adukan beton   | Perkerasan kaku pada jalan tol Balikpapan-Samarinda telah memenuhi persyaratan yang ditetapkan Dinas PU Provinsi Kalimantan Timur, yaitu kuat lentur beton minimal 45 kg/cm <sup>2</sup>                                  |

Sumber : olahan peneliti

| No. | Nama Peneliti  | Judul Penelitian   | Metode Penelitian   | Variabel Penelitian                    | Hasil Penelitian  |
|-----|--|--|---|--|---|
| 4   | Suhendra<br>Tahun 2017   | Kajian Hubungan Kuat Lentur dengan Kuat Tekan Beton  | Hasil uji kuat lentur dan kuat tekan pada benda uji yang berasal dari penyedia jasa konstruksi  | Kuat lentur dan kuat tekan             | Diperoleh hubungan yang sesuai antara kuat lentur dengan kuat tekan, sebagaimana tercantum dalam SNI 2847:2013.                           |
| 5   | Lydia Darmiyanti<br>Tahun 2018   | Perbandingan Kuat Lentur Beton Terhadap Kuat Tekan Beton   | Pengujian karakteristik material, perencanaan campuran beton, pembuatan benda uji, perawatan, uji dan analisis data.                                    | Kuat lentur beton dan kuat tekan beton | Semakin tinggi kuat tekan beton, maka kuat lentur juga akan meningkat. Hubungan antara kuat tekan dan kuat lentur selalu bersifat linier. |
| 6   | Sugeng Wiyono<br>Zulhendri<br>Mohd Alfajrizal<br>Anas Puri<br>Tahun 2018 | Kajian Perbandingan Penggunaan Merek Semen Dengan dan Tanpa Perawatan Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton pada Perkerasan Kaku | Metode eksperimental meliputi pengujian bahan, pengujian kuat tekan dengan menggunakan alat uji tekan beton dan pengujian lentur dengan alat uji lentur | Merek semen dan umur beton             | Uji kuat tekan dan lentur Semen Padang lebih unggul dibandingkan dengan Semen Conch dan Semen Holcim pada semua umur 7, 14, 28, 56 hari   |

Sumber : olahan peneliti

| No. | Nama Peneliti   | Judul Penelitian   | Metode Penelitian  | Variabel Penelitian  | Hasil Penelitian  |
|-----|---|--|--|--|---|
| 7   | Anggi Suryani<br>Sri Hartati Dewi<br>Harmiyati<br><br>Tahun 2018        | Korelasi Kuat Lentur Beton dengan Kuat Tekan Beton                                       | <i>Mix design</i> beton metode <i>Department of Environment (DoE)</i> dalam SNI 03-2843-2000 | Agregat halus<br>Agregat kasar   | Nilai korelasi kuat lentur beton dengan kuat tekan beton bahwa berhubungan sangat kuat yang mana nilai koefisien korelasi di antara 0,80 sampai 1,00.   |
| 8   | Fanto Pardomuan<br>Pane<br>H. Tanudjaja<br>R.S Windah<br><br>Tahun 2015 | Pengujian Kuat Lentur Beton dengan Kuat Tekan Beton                                      | Perawatan benda uji selama 28 hari.  | Balok 100x100x400 mm sebanyak 32 buah untuk pengujian kuat tarik lentur dan silinder 10/20 mm sebanyak 20 buah untuk pengujian kuat tekan. | Nilai $f_r/\sqrt{f'_c}$ berkisar 0,81 sampai 0,83 sedangkan pada standar peraturan beton yang ada seperti SNI memiliki nilai 0,7 dan ACI 0,6. Selisih antara hasil penelitian dan SNI adalah 0,11 sampai 0,13, Sedangkan selisih terhadap ACI 0,21 sampai 0,23. |
| 9   | Maudiawan<br>Mubarak<br>Rulhendri<br>Syaiful<br><br>Tahun 2020          | Perencanaan Perkerasan Peningkatan Jalan Beton pada Ruas Jalan Babakan Tengah Kab. Bogor | Studi literatur dan observasi  | Jalan Dramaga Kabupaten Bogor  | Terdapat kerusakan di ruas jalan Babakan Tengah di beberapa titik dengan tingkat kerusakan cukup parah, kondisi eksisting jalan dapat ditingkatkan dengan perkerasan jalan beton (rigid pavement).  |

Sumber : olahan peneliti

| No. | Nama Peneliti   | Judul Penelitian  | Metode Penelitian  | Variabel Penelitian   | Hasil Penelitian  |
|-----|---|---|--|---|---|
| 10  | Riduan<br>Eti Sulandari<br>Sumiyatinnah<br><br>Tahun 2019 | Studi Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton pada Perkerasan Kaku terhadap Variasi Saringan Agregat Kasar | Uji coba laboratorium sesuai SNI yang berkaitan  | Proporsi campuran agregat   | Interlocking dan kemampuan dari pengaruh penambahan volume agregat kasar menjadi lebih baik. Pori beton melalui pengamatan langsung terlihat lebih kecil yang menyebabkan naiknya mutu kekuatan beton.  |
| 11  | Panji Krisna W<br>Nyoman<br>Suaryana<br><br>Tahun 2015    | Pengembangan Perancangan Praktis Tebal Perkerasan Kaku untuk Lalu Lintas Rendah                     | Perancangan tebal perkerasan dengan memasukkan faktor kemampuan sumber daya yang ada, seperti kemampuan pencapaian besaran kuat tekan dan kondisi drainase di Indonesia, khususnya untuk jalanjalan dengan lalu-lintas rendah. | Kuat tekan beton dan agregat lapis fondasi yang digunakan serta kondisi perkerasan. Simulasi perhitungan dengan metoda PCA untuk menghasilkan desain perencanaan perkerasan kaku sederhana. | Mutu beton dominan digunakan adalah kuat tekan beton 250kg/cm <sup>2</sup> , 300kg/cm <sup>2</sup> , 350kg/cm <sup>2</sup> dengan perkiraan nilai kuat tarik lentur S'c28 sebesar 35kg/cm <sup>2</sup> , 38kg/cm <sup>2</sup> , 41kg/cm <sup>2</sup> . K250 untuk desa/pemukiman, K300 untuk lokal/kolektor, K350 untuk kelas khusus. Ketebalan beton 150mm, 200mm dan 230mm. |

Sumber : olahan peneliti

## 2.2 Gambaran Umum

Secara administratif wilayah Kabupaten Mojokerto terdiri dari 18 kecamatan; 304 desa. Luas wilayah secara keseluruhan adalah 969,360 km<sup>2</sup>. Kecamatan Dawarblandong merupakan kecamatan dengan wilayah terluas di Kabupaten Mojokerto. Di samping itu wilayah Kabupaten Mojokerto juga mengitari wilayah Kota Mojokerto.

Secara geografis wilayah Kabupaten Mojokerto terletak antara 111°20'13" hingga 111°40'47" Bujur Timur dan 7°18'35" hingga 7°47'30" Lintang Selatan. Wilayah geografis Kabupaten Mojokerto tidak berbatasan dengan pantai, hanya berbatasan dengan wilayah kabupaten lainnya, sebagai berikut :

|               |   |
|---------------|---|
| Batas Utara   | : Kabupaten Lamongan dan Kabupaten Gresik   |
| Batas Timur   | : Kabupaten Sidoarjo dan Kabupaten Pasuruan |
| Batas Selatan | : Kabupaten Malang dan Kota Batu            |
| Batas Barat   | : Kabupaten Jombang                         |

Kabupaten Mojokerto rata-rata berada <500 m di atas permukaan laut, hanya Kecamatan Pacet dan Trawas yang merupakan daerah terluas yang memiliki daerah dengan ketinggian >700 m di atas permukaan laut. Disamping itu wilayah Kabupaten Mojokerto juga mengitari wilayah Kota Mojokerto yang terletak ditengah-tengah wilayah Kabupaten Mojokerto.

## 2.3 Topografi

Topografi wilayah Kabupaten Mojokerto cenderung di tengah dan tinggi di bagian selatan dan utara. Bagian selatan merupakan wilayah pegunungan yang subur, meliputi Kecamatan Pacet, trawas, Gondang dan Jatirejo. Bagian tengah merupakan wilayah dataran, sedangkan bagian utara merupakan daerah perbukitan kapur yang kurang subur.

Sekitar 30% dari seluruh wilayah Kabupaten Mojokerto kemiringan tanahnya lebih dari 15 derajat, sedangkan sisanya merupakan wilayah dataran dengan tingkat kemiringan lahan kurang dari 15 derajat. Gambaran Rencana Tata Ruang Wilayah khususnya Rencana Lahan Permukiman di Kabupaten Mojokerto dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 2.1. Gambar Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) untuk lahan permukiman Kabupaten Mojokerto  
Sumber : [www.mojokertokab.go.id](http://www.mojokertokab.go.id)



## 2.4 Dasar Teori

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 (SNI 03-2847-2002, 2002:6)

Perkerasan Kaku (Rigid Pavement) didefinisikan sebagai struktur perkerasan yang terdiri dari plat beton semen yang bersambungan (tidak menerus) dengan atau tanpa tulangan, atau plat beton menerus dengan tulangan, yang terletak di atas lapis pondasi bawah, tanpa atau dengan aspal sebagai lapis permukaan.

Dalam perancangan jalan beton, penentuan tebal jalan beton didasarkan pada kategori lalu lintas yang dinyatakan dalam Lalu lintas Harian Rata-rata Kendaraan Niaga ( $LHR_N$ ). Yang termasuk jenis kendaraan niaga dalam perencanaan ini adalah kendaraan angkutan barang, bus, truk sedang dan truk berat dengan sumbu tunggal roda tunggal. Lalu lintas harus dianalisis berdasarkan hasil perhitungan  $LHR_N$  menggunakan data terakhir dengan pencatatan kendaraan minimal selama 3 hari (SNI 8457:2017)

*Flexural Strength* atau kuat tarik lentur beton adalah kemampuan balok uji beton yang terletak pada dua tumpuan untuk menahan keruntuhan akibat pembebanan 2 titik (*third-point loading*) pada pengujian menurut SNI 4431:2011. Kuat tarik lentur sering disebut juga modulus keruntuhan (SNI 8457:2017)

Kuat lentur beton 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 4431:2011, 2011:1)

*FS (flexural strength)* adalah kekuatan lentur beton yang disyaratkan, satuan MPa. Dihasilkan dari nilai tegangan tarik dari momen lentur yang dibagi dengan momen penahan penampang balok uji (SNI 03-4156-1996)

### 2.4.1 Kekuatan Beton

Kekuatan beton harus dinyatakan dalam nilai kuat tarik lentur (*flexural strength*) umur 28 hari, yang didapat dari hasil pengujian balok dengan pembebanan tiga titik (ASTM C-78) yang besarnya secara tipikal sekitar 3–5

MPa (30-50 kg/cm<sup>2</sup>) (Pd-T-14-2003 Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003:9)

Kekuatan beton harus dinyatakan dalam nilai kuat tarik lentur (*flexural strength*) atau modulus keruntuhan umur 28 hari, yang didapat dari hasil pengujian kuat lentur dua titik (SNI 4431:2011) yang besarnya ditentukan sebesar minimum 3,5 MPa, 3,8 MPa dan 4,1 MPa (SNI 8457:2017)

Beton memiliki sifat kuat tekan yang cenderung beragam dan menyebar pada suatu nilai rata-rata tertentu. Nilai kuat tekan ini bergantung pada tingkat kesempurnaan dari proses pelaksanaan, seperti kualitas bahan, pengadukan, pemadatan, stabilitas pekerja, dan lain sebagainya. Karena adanya variasi nilai kuat tekan inilah diperlukan pengendalian terhadap mutu beton agar hasilnya dapat seragam dan memenuhi standar.

Mutu beton didasarkan pada kuat tekan beton. Semakin besar nilai kuat tekan, maka semakin baik mutu beton. Uji mutu beton dilakukan dengan pengujian terhadap kuat tekan beton untuk mengetahui apakah beton memenuhi standar yang disyaratkan dengan menguji beton menggunakan mesin tekan. Mesin tekan akan memberikan massa beban dan pembebanan akan berlangsung sampai beton hancur. Besarnya beban persatuan luas yang membuat benda uji beton hancur ini menunjukkan nilai kuat tekan beton. Nilai kuat beton yang diperoleh dari analisa statistik benda uji mutu beton ini yang menjadi kuat karakteristik mutu beton yang disimbolkan dengan K. Pengujian mutu beton ini sudah diatur dalam SNI 1974:2011 tentang Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder.

Di Indonesia penggunaan beton untuk pekerjaan jalan dan jembatan telah lama digunakan, dan hampir 80% elemen jembatan terbuat dari bahan beton bahkan dewasa ini banyak perkerasan jalan menggunakan bahan beton, hal ini mengingat beberapa kelebihan bahan beton dibanding bahan lainnya. Pelaksanaan pembetonan baik untuk jalan maupun jembatan telah banyak mengalami kemajuan, baik teknologi beton maupun teknologi pelaksanaannya. Untuk itu perlu adanya pedoman pelaksanaan pekerjaan beton untuk jalan dan jembatan yang bisa menampung segala permasalahan pekerjaan beton yang sesuai dengan standar yang terbaru.

**Tabel 2.2**  
**Mutu Beton dan Penggunaan**

| <b>Jenis Beton</b> | <b>fc' (MPa)</b> | <b>σbk' (Kg/cm<sup>2</sup>)</b> | <b>Uraian</b>  |
|--------------------|------------------|---------------------------------|--|
| Mutu tinggi        | 35 – 65          | K400 – K800                     | Umumnya digunakan untuk beton prategang seperti tiang pancang beton prategang, gelagar beton prategang, pelat beton prategang dan sejenisnya.  |
| Mutu sedang        | 20– <35          | K250 –<K400                     | Umumnya digunakan untuk beton bertulang seperti pelat lantai jembatan, gelagar beton bertulang, diafragma, kerb, beton pracetak, gorong-gorong beton bertulang, bangunan bawah jembatan. |
| Mutu rendah        | 15– <20          | K175 –<K250                     | Umumnya digunakan untuk struktur beton tanpa tulangan seperti beton siklop, trotoar dan pemasangan batu kosong yang diisi adukan, pemasangan batu.                                       |
|                    | 10– <15          | K125 –<K175                     | digunakan sebagai lantai kerja, penimbunan kembali dengan beton  |

Sumber : Pd-T-07-2005-B

Pada perkerasan beton semen, daya dukung perkerasan terutama diperoleh dari pelat beton. Sifat, daya dukung dan keseragaman tanah dasar sangat mempengaruhi keawetan dan kekuatan perkerasan beton semen. Faktor-faktor yang perlu diperhatikan adalah kadar air pemadatan, kepadatan dan perubahan kadar air selama masa pelayanan.

Untuk rancangan campuran, proporsi bahan dan berat penakaran harus ditentukan sesuai dengan SNI 03-2834-1992. Sebagai pedoman awal untuk perkiraan proporsi takaran campuran dapat digunakan sebagai berikut :

**Tabel 2.3**  
**Pedoman awal untuk perkiraan proporsi takaran campuran**

| Jenis beton | Mutu Beton   |                                      | Ukuran Agregat Maks. (mm) | Rasio Air / Semen Maks. (terhadap berat) | Kadar Semen Min.(kg/m <sup>3</sup> ) dari campuran |
|-------------|--------------|--------------------------------------|---------------------------|--|--|
|             | $f_c'$ (MPa) | $\sigma_{bk}'$ (kg/cm <sup>2</sup> ) |                           |  |  |
| Mutu tinggi | 65           | K800                                 |                           |  |  |
|             | 50           | K600                                 | 19                        | 0,350                                    | 450  |
|             | 45           | K500                                 | 37                        | 0,400                                    | 395  |
|             |              |                                      | 25                        | 0,400                                    | 430  |
|             |              |                                      | 19                        | 0,400                                    | 455  |
|             | 38           | K450                                 | 37                        | 0,425                                    | 370  |
|             |              |                                      | 25                        | 0,425                                    | 405  |
|             |              |                                      | 19                        | 0,425                                    | 430  |
|             | 35           | K400                                 | 37                        | 0,450                                    | 350  |
|             |              |                                      | 25                        | 0,450                                    | 385  |
| 19          |              |                                      | 0,450                     | 405                                      |  |
| Mutu sedang | 30           | K350                                 | 37                        | 0,475                                    | 335  |
|             |              |                                      | 25                        | 0,475                                    | 365  |
|             |              |                                      | 19                        | 0,475                                    | 385  |
|             | 25           | K300                                 | 37                        | 0,500                                    | 315  |
|             |              |                                      | 25                        | 0,500                                    | 345  |
|             |              |                                      | 19                        | 0,500                                    | 365  |
| 20          | K250         | 37                                   | 0,550                     | 290                                      |  |
|             |              | 25                                   | 0,550                     | 315                                      |  |
|             |              | 19                                   | 0,550                     | 335                                      |  |
| Mutu rendah | 15           | K175                                 | 37                        | 0,600                                    | 265  |
|             |              |                                      | 25                        | 0,600                                    | 290  |
|             |              |                                      | 19                        | 0,600                                    | 305  |
|             | 10           | K125                                 | 37                        | 0,700                                    | 225  |
|             |              |                                      | 25                        | 0,700                                    | 245  |
|             |              |                                      | 19                        | 0,700                                    | 260  |

Sumber : Pd-T-07-2005-B

### 2.4.2 Perkerasan Jalan Beton

Perkerasan jalan beton semen atau perkerasan kaku, terdiri dari plat beton semen, dengan atau tanpa lapisan pondasi bawah, di atas tanah dasar. Dalam konstruksi perkerasan kaku, plat beton semen sering juga dianggap sebagai lapis pondasi, jika di atasnya terdapat lapisan aspal.

Plat beton yang kaku dan memiliki modulus elastisitas yang tinggi, akan mendistribusikan beban lalu lintas ke tanah dasar yang melingkupi daerah yang cukup luas. Dengan demikian, bagian terbesar dari kapasitas struktur perkerasan diperoleh dari plat beton itu sendiri. Hal ini berbeda dengan perkerasan lentur dimana kekuatan perkerasan diperoleh dari tebal lapis pondasi bawah, lapis pondasi dan lapis permukaan; dimana masing-masing lapisan memberikan kontribusinya.

Yang sangat menentukan kekuatan struktur perkerasan dalam menahan beban lalu lintas adalah kekuatan beton itu sendiri. Sedangkan, kekuatan tanah dasar hanya berpengaruh kecil pada kekuatan daya dukung struktural perkerasan kaku.

Kelebihan Jalan Beton :

1. Dapat menahan beban kendaraan yang berat.
2. Tahan terhadap genangan air dan banjir.
3. Biaya perawatan lebih murah dibanding jalan aspal.
4. Dapat digunakan pada struktur tanah lemah/ekspansif yang nilai CBR-nya rendah tanpa perbaikan struktur tanahnya terlebih dahulu.
5. Pengadaan material lebih mudah didapat.
6. Direkomendasikan untuk jalan yang mempunyai tanah dasar yang jelek, dan jalan yang lalu lintas kendaraan beratnya cukup tinggi.

### 2.4.3 Semen

Semen Portland adalah kombinasi kimia antara kalsium (Ca), silika (Si), aluminium (Al), besi (Fe) yang dikendalikan secara ketat dan sejumlah kecil bahan lain seperti gypsum yang ditambahkan pada proses penggilingan akhir untuk mengatur waktu pengikatan (*setting time*) beton. Kapur dan silika mengisi sekitar 85% dari massa. Bahan yang umum digunakan dalam pembuatan semen adalah batu kapur, kerang, dan marl yang dikombinasikan dengan serpih, tanah liat, terak tanur tinggi (*slag*), pasir silika dan bijih besi

(iron ore) (Semen Portland di Indonesia untuk Aplikasi Beton Kinerja Tinggi, Rulli Ranastra Irawan, 2013:11)

Semen Portland dibagi menjadi empat tipe yaitu :

1. semen Portland tipe I adalah semen Portland untuk penggunaan umum tanpa persyaratan khusus.
2. semen Portland tipe II adalah semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan kalor hidrasi sedang.
3. semen Portland tipe III adalah semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
4. semen Portland tipe IV adalah semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat.

Jenis-jenis Perkerasan Beton Semen :

1. Perkerasan beton semen dengan sambungan tanpa tulangan (Jointed Unreinforced/Plain Concrete Pavement)
2. Perkerasan beton semen dengan sambungan dengan tulangan (Jointed Reinforced Concrete Pavement)
3. Perkerasan beton semen menerus (tanpa sambungan) dengan tulangan (Continuously Reinforced Concrete Pavement)
4. Perkerasan beton semen pratekan (Prestressed Concrete Pavement)

#### **2.4.4 Sifat Campuran Beton**

Ketentuan sifat-sifat campuran beton telah ditentukan di SNI dan Pedoman Teknis Beton, antara lain persyaratan umum dan persyaratan teknis perencanaan proporsi campuran beton untuk digunakan sebagai salah satu acuan bagi para perencana dan pelaksana dalam merencanakan proporsi campuran beton tanpa menggunakan bahan tambah untuk menghasilkan mutu beton sesuai dengan rencana.

Persyaratan umum yang harus dipenuhi sebagai berikut:

1. Proporsi campuran beton harus menghasilkan beton yang memenuhi persyaratan berikut:
  - a. kekentalan yang memungkinkan pengerjaan beton (penuangan, pemadatan, dan perataan) dengan mudah dapat

mengisi acuan dan menutup permukaan secara serba sama (homogen);

- b. keawetan;
  - c. kuat tekan;
  - d. ekonomis;
2. Beton yang dibuat harus menggunakan bahan agregat normal tanpa bahan tambah.

Bahan-bahan yang digunakan dalam perencanaan harus mengikuti persyaratan berikut:

1. bila pada bagian pekerjaan konstruksi yang berbeda akan digunakan bahan yang berbeda, maka setiap proporsi campuran yang akan digunakan harus direncanakan secara terpisah;
2. bahan untuk campuran coba harus mewakili bahan yang akan digunakan dalam pekerjaan yang diusulkan.

Dalam perencanaan campuran beton harus dipenuhi persyaratan sebagai berikut:

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

Ketentuan sifat-sifat campuran beton sebagai berikut :

1. Campuran beton yang tidak memenuhi ketentuan kelecakan (misalnya dinyatakan dengan nilai “*slump*”) seperti yang diusulkan tidak boleh digunakan pada pekerjaan. Kelecakan (*workability*) dan tekstur campuran harus sedemikian rupa sehingga beton dapat dicor pada pekerjaan tanpa membentuk rongga, celah, gelembung udara atau gelembung air, dan sedemikian rupa sehingga pada saat pembongkaran acuan diperoleh permukaan yang rata, halus dan padat;
2. Nilai *slump* untuk keperluan berbagai pekerjaan beton dapat menggunakan Tabel 3, namun demikian dengan alasan-alasan

tertentu dapat menggunakan nilai slump diluar Tabel 3 dengan dukungan bukti pengujian;

**Tabel 2.4**  
**Nilai slump untuk berbagai pekerjaan beton**

| Uraian   | Slump      |
|--|------------|
| Dinding, pelat pondasi dan pondasi telapak bertulang               | 5,0 – 12,5 |
| Pondasi telapak tidak bertulang, kaisan dan konstruksi bawah tanah | 2,5 – 9,0  |
| Pelat, balok, kolom dan dinding                                    | 7,5 – 15,0 |
| Perkerasan jalan   | 5,0 – 7,5  |
| Pembetonan masal   | 2,5 – 7,5  |

Sumber : Pd-T-07-2005-B

- Seluruh beton yang digunakan dalam pekerjaan harus memenuhi kuat tekan yang disyaratkan dalam Tabel 4 (atau berdasarkan hasil uji laboratorium yang berwenang), bila pengambilan contoh, perawatan dan pengujian sesuai dengan SNI 03-1974-1990, SNI 03-4810-1998, SNI 03-2493-1991, SNI 03-2458-1991;

**Tabel 2.5**  
**Ketentuan sifat campuran**

| Jenis beton | Mutu Beton      |   | Kuat Tekan Minimum (MPa)<br>Benda Uji Silinder $\phi 15 - 30$ cm |         |
|-------------|-----------------|---|--|---------|
|             | $F_c'$<br>(MPa) | $\sigma_{bk}'$<br>(Kg/cm <sup>2</sup> ) | 7 hari   | 28 hari |
| Mutu Tinggi | 50              | K600                                    | 32,5   | 50,0    |
|             | 45              | K500                                    | 26,0   | 40,0    |
|             | 35              | K400                                    | 24,0   | 33,0    |
| Mutu Sedang | 30              | K350                                    | 21,0   | 29,0    |
|             | 25              | K300                                    | 18,0   | 25,0    |
|             | 20              | K250                                    | 15,0   | 21,0    |
| Mutu rendah | 15              | K175                                    | 9,5  | 14,5    |
|             | 10              | K125                                    | 7,0  | 10,5    |

Sumber : Pd-T-07-2005-B



**Tabel 2.6**  
**Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum**  
**untuk berbagai macam pembetonan dalam lingkungan khusus**

| Lokasi  | Jumlah semen<br>minimum<br>Per m <sup>3</sup> beton (kg) | Nilai faktor air<br>semen<br>maksimum |
|---|--|---------------------------------------|
| Beton di dalam ruang bangunan:  |  |                                       |
| a. keadaan keliling non-korosif   | 275  | 0,60                                  |
| b. keadaan keliling korosif<br>disebabkan oleh kondensasi<br>atau uap korosif | 325  | 0,52                                  |
| Beton di luar ruangan bangunan:   |  |                                       |
| a. tidak terlindung dari hujan<br>dan terik matahari langsung                 | 325<br>275   | 0,60<br>0,60                          |
| b. terlindung dari hujan dan<br>terik matahari langsung                       |  |                                       |

Sumber : SNI-03-2834-2000

Kadar semen adalah jumlah semen yang digunakan untuk pembuatan beton berdasarkan mutu beton yang diminta oleh konsumen, dalam hal ini kontraktor/pelaksana. Karena tidak ada perhitungan yang merujuk pada FS, maka kontraktor/pelaksana berasumsi sendiri bahwa FS bisa dikorelasi melalui mutu beton karakteristik. Misal : jika FS yang disyaratkan pada perkerasan jalan beton adalah FS 40, maka kontraktor/pelaksana menyediakan beton dengan mutu beton karakteristik K 400.

## **2.5 Analisa Penelitian**

Analisis data merupakan salah satu proses penelitian yang dilakukan setelah semua data yang diperlukan guna memecahkan permasalahan yang diteliti sudah diperoleh secara lengkap. Ketajaman dan ketepatan dalam penggunaan alat analisis sangat menentukan keakuratan pengambilan kesimpulan, karena itu kegiatan analisis data merupakan kegiatan yang tidak dapat diabaikan begitu saja dalam proses penelitian. Kesalahan dalam menentukan alat analisis dapat berakibat fatal terhadap kesimpulan yang dihasilkan dan hal ini akan berdampak lebih buruk lagi terhadap penggunaan dan penerapan hasil penelitian tersebut.

Dengan demikian, pengetahuan dan pemahaman tentang berbagai teknik analisis mutlak diperlukan bagi seorang peneliti agar hasil penelitiannya mampu memberikan kontribusi yang berarti bagi pemecahan masalah sekaligus hasil tersebut dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.

Secara garis besarnya, teknik analisis data terbagi ke dalam dua bagian, yakni analisis kuantitatif dan kualitatif. Yang membedakan kedua teknik tersebut hanya terletak pada jenis datanya. Untuk data yang bersifat kualitatif (tidak dapat diangkakan) maka analisis yang digunakan adalah analisis kualitatif, sedangkan terhadap data yang dapat dikuantifikasikan dapat dianalisis secara kuantitatif, bahkan dapat pula dianalisis secara kualitatif.

Menurut Sugiyono, metode penelitian kuantitatif adalah metode penelitian yang berlandaskan filsafat positivisme. Metode ini digunakan dalam meneliti sampel dan populasi penelitian. Teknik pengambilan sampel umumnya dilakukan dengan acak atau random sampling. Sedangkan pengumpulan data dilakukan dengan cara memanfaatkan instrumen penelitian yang dipakai. Analisis data yang digunakan bersifat kuantitatif atau bisa diukur dengan tujuan untuk menguji hipotesis yang ditetapkan sebelumnya.

### **2.5.1 Jenis Penelitian Kuantitatif**

Menurut Ali Muchsin, penelitian kuantitatif yang biasa digunakan adalah analisis statistik. Biasanya analisis ini terbagi ke dalam dua kelompok, yaitu:

## 1. Statistik Deskriptif

Analisis statistik deskriptif adalah statistik yang digunakan untuk menganalisis data dengan cara mendeskripsikan atau menggambarkan data yang telah terkumpul sebagaimana adanya tanpa bermaksud membuat kesimpulan yang berlaku untuk umum atau generalisasi. Analisis ini hanya berupa akumulasi data dasar dalam bentuk deskripsi semata dalam arti tidak mencari atau menerangkan saling hubungan, menguji hipotesis, membuat ramalan, atau melakukan penarikan kesimpulan. Teknik analisis ini biasa digunakan untuk penelitian-penelitian yang bersifat eksplorasi. Penelitian-penelitian jenis ini biasanya hanya mencoba untuk mengungkap dan mendeskripsikan hasil penelitiannya. Biasanya teknik statistik yang digunakan adalah statistik deskriptif. Teknik analisis statistik deskriptif yang dapat digunakan antara lain:

1. Penyajian data dalam bentuk tabel atau distribusi frekuensi dan tabulasi silang (crosstab). Dengan analisis ini akan diketahui kecenderungan hasil temuan penelitian, apakah masuk dalam kategori rendah, sedang atau tinggi.
2. Penyajian data dalam bentuk visual seperti histogram, poligon, ogive, diagram batang, diagram lingkaran, diagram pastel (pie chart), dan diagram lambing Penghitungan ukuran tendensi sentral (mean, median modus).
3. Penghitungan ukuran letak (kuartil, desil, dan persentil).
4. Penghitungan ukuran penyebaran (standar deviasi, varians, range, deviasi kuartil, mean deviasi, dan sebagainya).

## 2. Statistik Inferensial

Jika dalam statistik deskriptif hanya bersifat memaparkan data, maka dalam statistik inferensial sudah ada upaya untuk mengadakan penarikan kesimpulan dan membuat keputusan berdasarkan analisis yang telah dilakukan. Biasanya analisis ini mengambil sampel tertentu dari sebuah populasi yang jumlahnya banyak, dan dari hasil analisis terhadap sampel tersebut digeneralisasikan terhadap populasi. Oleh karena itulah statistik inferensial ini juga disebut dengan istilah statistik induktif.

### 2.5.2 Analisa Regresi Linear

Dalam memprediksi dan mengukur nilai dari pengaruh satu variabel (bebas/*independent*) terhadap variabel lain (tidak bebas/*dependent*) dapat digunakan uji regresi. Analisis/uji regresi merupakan suatu kajian dari hubungan antara satu variabel, yaitu variabel yang diterangkan (*the explained variabel*) dengan satu atau lebih variabel, yaitu variabel yang menerangkan (*the explanatory*). Apabila variabel bebasnya hanya satu, maka analisis regresinya disebut dengan regresi sederhana. Apabila variabel bebasnya lebih dari satu, maka analisis regresinya dikenal dengan regresi linear berganda. Dikatakan berganda karena terdapat beberapa variabel bebas yang mempengaruhi variabel tak bebas. Analisis/uji regresi banyak digunakan dalam perhitungan hasil akhir untuk penulisan karya ilmiah/penelitian. Hasil perhitungan analisis/uji regresi akan dimuat dalam kesimpulan penelitian dan akan menentukan apakah penelitian yang sedang dilakukan berhasil atau tidak. Analisis perhitungan pada uji regresi menyangkut beberapa perhitungan statistika seperti uji signifikansi (uji-t, uji-F), anova dan penentuan hipotesis. Hasil dari analisis/ uji regresi berupa suatu persamaan regresi. Persamaan regresi ini merupakan suatu fungsi prediksi variabel yang mempengaruhi variabel lain.

Regresi merupakan suatu alat ukur yang juga digunakan untuk mengukur ada atau tidaknya korelasi antarvariabel. Istilah regresi yang berarti ramalan atau taksiran pertama kali diperkenalkan oleh Sir Francis Galton pada tahun 1877.

Analisis regresi adalah studi tentang masalah hubungan beberapa variabel yang ditampilkan dalam persamaan matematika (Andi, 2009). Analisis regresi lebih akurat dalam melakukan analisis korelasi, peramalan atau perkiraan nilai variabel terikat pada nilai variabel bebas lebih akurat pula karena pada analisis ini kesulitan dalam menunjukkan slop (tingkat perubahan suatu variabel terhadap variabel lain dapat ditentukan).

Analisis regresi terbagi menjadi dua yaitu regresi linear dan Nonlinear. Analisis regresi linear terdiri dari analisis regresi linear sederhana dan analisis regresi linear berganda. Perbedaan antar keduanya terletak pada jumlah variabel independennya. Regresi linear sederhana hanya memiliki satu

variabel independen, sedangkan regresi linear berganda mempunyai banyak variabel independen. Analisis regresi non linear adalah regresi eksponensial.

### **2.5.2.1 Kriteria Data Regresi Linear**

Terdapat dua syarat yang harus dipenuhi oleh data dalam menggunakan analisis regresi linear yaitu:

#### **1. Data**

Data harus terdiri dari dua jenis variabel, yaitu dependen dan independen. Selain itu data berupa kuantitatif dan variabel berupa kategori, seperti SD, SMA, SMK, dll.

#### **2. Asumsi**

Setiap data diasumsikan variabel dependen terdistribusi secara normal. Selain itu, antara variabel dependen dan independen harus memiliki hubungan linier dengan observasi harus saling bebas.

Regresi linear adalah sebuah pendekatan untuk memodelkan hubungan antara variabel terikat  $Y$  dan satu atau lebih variabel bebas yang disebut  $X$ . Salah satu kegunaan dari regresi linear adalah untuk melakukan prediksi berdasarkan data-data yang telah dimiliki sebelumnya. Hubungan di antara variabel-variabel tersebut disebut sebagai model regresi linear. Berdasarkan penggunaan variabel bebas, maka regresi linear dapat dibagi menjadi dua, yaitu regresi linear univariate dan regresi linear multivariate. ([www.id.wikipedia.org](http://www.id.wikipedia.org))

Secara umum regresi linear terdiri dari dua, yaitu regresi linear sederhana yaitu dengan satu buah variabel bebas dan satu buah variabel terikat; dan regresi linear berganda dengan beberapa variabel bebas dan satu buah variabel terikat. Analisis regresi linear merupakan metode statistik yang paling jamak dipergunakan dalam penelitian-penelitian sosial, terutama penelitian ekonomi.

### **2.5.2.2 Regresi Linear Sederhana**

Regresi linear sederhana adalah hubungan secara linear antara satu variabel independen ( $X$ ) dengan variabel dependen ( $Y$ ). Analisis ini digunakan untuk mengetahui arah hubungan antara variabel independen dengan variabel

dependen apakah positif atau negatif serta untuk memprediksi nilai dari variabel dependen apabila nilai variabel independen mengalami kenaikan atau penurunan nilai. Data yang digunakan biasanya berskala interval atau rasio.

Regresi linear sederhana adalah metode statistik yang berfungsi untuk menguji sejauh mana hubungan sebab akibat antara variabel faktor penyebab (X) terhadap variabel akibatnya. Faktor Penyebab pada umumnya dilambangkan dengan X atau disebut juga dengan Predictor sedangkan Variabel Akibat dilambangkan dengan Y atau disebut juga dengan Response. Regresi Linear Sederhana atau sering disingkat dengan SLR (Simple Linear Regression) juga merupakan salah satu Metode Statistik yang dipergunakan dalam produksi untuk melakukan peramalan ataupun prediksi tentang karakteristik kualitas maupun Kuantitas.

Analisis regresi linear sederhana dipergunakan untuk mengetahui pengaruh antara satu buah variabel bebas terhadap satu buah variabel terikat. Persamaan umumnya adalah:

$$Y = a + b X.$$

Dengan Y adalah variabel terikat dan X adalah variabel bebas. Koefisien a adalah konstanta (intercept) yang merupakan titik potong antara garis regresi dengan sumbu Y pada koordinat kartesius.

Keterangan:

Y= subyek dalam variabel dependen yang diprediksi

a = harga Y ketika harga X= 0 (harga konstan)

b = angka arah atau koefisien regresi, yang menunjukkan angka peningkatan ataupun penurunan variabel dependen yang didasarkan pada perubahan variabel independen. Bila (+) arah garis naik, dan bila (-) maka arah garis turun.

X = subyek pada variabel independen yang mempunyai nilai tertentu.

Secara teknik harga b merupakan tangent dari perbandingan antara panjang garis variabel dependen, setelah persamaan regresi ditemukan.

Langkah-langkah dalam melakukan Analisis Regresi Linear Sederhana:

1. Menentukan tujuan dari melakukan Analisis Regresi Linear Sederhana
2. Mengidentifikasi Variabel Faktor Penyebab (*Predictor*) dan Variabel Akibat (*Response*).
3. Melakukan pengumpulan data.
4. Menghitung  $X^2$ ,  $Y^2$ ,  $XY$  dan total dari masing-masing variabel.
5. Menghitung  $a$  dan  $b$  berdasarkan rumus diatas.
6. Membuat model persamaan Regresi Linear Sederhana.
7. Melakukan hipotesis terhadap Variabel Faktor Penyebab atau Variabel Akibat.

### 2.5.2.3 Regresi Linear Berganda

Regresi linear berganda adalah model regresi linear dengan melibatkan lebih dari satu variable bebas atau predictor. Dalam bahasa inggris, istilah ini disebut dengan multiple linear regression. regresi linear berganda jika jumlah variable bebas lebih dari satu. Sedangkan jika jumlah variable bebas hanya ada satu saja, maka itu yang disebut dengan regresi linear sederhana.

Model regresi linear berganda dilukiskan dengan persamaan sebagai berikut:

$$y = a + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \beta_nx_n + e$$

Keterangan:

Y = Variabel terikat atau response.

X = Variabel bebas atau predictor.

$\alpha$  = Konstanta.

$\beta$  = Slope atau Koefisien estimate.

Seperti halnya uji parametris lainnya, regresi linear berganda juga mempunyai syarat atau asumsi klasik yang harus terpenuhi. Agar model prediksi yang dihasilkan nantinya bersifat BLUE (Best Linear Unbiased Estimation).

Asumsi klasik pada regresi linear berganda antara lain : data interval atau rasio, linearitas, normalitas, non outlier, homoskedastisitas, non multikolinearitas dan non autokolerasi.

#### 1. Data Interval atau rasio

Skala data semua variabel terutama variabel terikat adalah interval atau rasio. Asumsi ini tidak perlu diuji, cukup anda pastikan bahwa data yang digunakan adalah data interval atau rasio (numeric atau kuantitatif).

#### 2. Linearitas

Ada hubungan linear antara variabel bebas dengan variabel terikat. Asumsi linearitas diuji dengan uji linearitas regresi, misalnya dengan kurva estimasi. Dengan kurva estimasi bisa ditentukan ada hubungan linear atau tidak dengan melihat nilai p value linearitas. Jika p value  $< 0,05$  maka terdapat hubungan yang linear antara *predictor* dan *response*.

#### 3. Normalitas Residual

Residual adalah beda antara  $y$  dengan  $y$  prediksi.  $y$  adalah variable terikat, sedangkan  $y$  prediksi adalah  $y$  hasil persamaan regresi yang dibuat. Sehingga residual dibangun dengan rumus:  $y - y$  prediksi. Asumsi normalitas pada regresi linear adalah pada residualnya, bukan pada data per variabelnya. Uji Asumsi normalitas regresi linear dapat diuji dengan berbagai metode uji normalitas, seperti uji *Shapiro Wilk*, *Lilliefors* atau *Kolmogorov Smirnov*, *Anderson Darling*, *Ryan Joiner*, *Shapiro Francia*, *Jarque Bera*, *Skewness Kurtosis Test* dan berbagai jenis uji normalitas lainnya.

#### 4. Non Outlier

Outlier disebut dengan data pencilan atau data yang nilainya ekstrim atau lain dari yang lain. Batasan outlier atau tidak bisa dilihat dari nilai absolut studentized residual. Jika absolute studentized residual lebih besar dari 3 maka sampel atau observasi yang dimaksud outlier.

#### 5. Homoskedastisitas

Homoskedastisitas adalah sebuah kondisi dimana varian dari eror bersifat konstan atau tetap. Dengan kata lain bahwa varian dari eror bersifat identik untuk setiap pengamatan. Kebalikan dari homoskedastisitas adalah



heteroskedastisitas. Model regresi linear berganda yang baik adalah model yang bebas dari kondisi heteroskedastisitas. Untuk menguji homoskedastisitas regresi linear berganda, dapat digunakan uji homoskedastisitas dari *Glejser*, uji *Park*, uji *White*, *Spearman Heteroskedastisitas*, dan masih banyak uji lainnya.

#### 6. Non Multikolinearitas

Multikolinearitas adalah keadaan dimana terdapat interkorelasi atau korelasi kuat antar variabel bebas di dalam model. Dinyatakan ada interkorelasi jika korelasi antar variabel bebas di dalam model regresi linear berganda  $> 0,8$ . Beberapa pakar menggunakan batasan lebih dari 0,9. Cara lain yang lebih objektif adalah dengan menggunakan nilai *Variance Inflating Factor (VIF)* dan *tolerance*. Dikatakan ada multikolinearitas jika nilai  $VIF > 10$  dan/atau nilai *tolerance*  $< 0,01$ .

#### 7. Non Autokorelasi

Autokorelasi dapat diartikan bahwa terdapat korelasi antar waktu. Sehingga bisa diartikan dengan mudah bahwa autokorelasi ini sering terjadi pada regresi linear berganda dengan data time series atau runtun waktu. Dan jarang sekali terjadi pada data *cross section*. Uji autokorelasi ini bisa diuji dengan menggunakan nilai *Durbin Watson (DW)* dan *run test*. Jika menggunakan uji *Durbin Watson*, dikatakan tidak ada autokorelasi jika nilai DW hitung  $>$  Batas atas DW table dan  $(4 - DW \text{ Hitung}) >$  Batas atas DW Tabel.

## 2.6 Pengendalian Biaya, Mutu dan Waktu

Pengendalian biaya, mutu dan waktu merupakan bagian yang utama agar suatu proyek dapat diselesaikan dengan waktu yang tepat, biaya yang kompetitif dengan mutu yang dapat dipertanggungjawabkan memenuhi persyaratan pelanggan.

Dalam pekerjaan konstruksi diperlukan suatu mekanisme manajemen dan mekanisme pengendalian guna mencapai efisiensi penyelenggaraan proyek tepat mutu, biaya dan waktu yang mencakup aspek teknis dan administratif.

Proses pengendalian hasil pekerjaan merupakan persyaratan standar yang mencakup :

1. uraian karakteristik hasil pekerjaan
2. prosedur dan instruksi kerja
3. penggunaan peralatan yang sesuai
4. peralatan ukur yang dikalibrasi
5. pelaksanaan pengukuran dan pemantauan
6. penyerahan dan pemeliharaan proyek

Pengendalian biaya, mutu dan waktu merupakan lingkup utama seorang pelaksana dalam menjalankan pelaksanaan pekerjaan, guna diperoleh hasil yang memuaskan bagi pengguna jasa sesuai ketentuan dan persyaratan dalam spesifikasi teknik.

Pengendalian biaya pelaksanaan proyek terkait erat dan sangat dipengaruhi oleh :

1. Pengendalian waktu pelaksanaan proyek
2. Pengendalian mutu dan hasil pelaksanaan proyek
3. Pengendalian sistem manajemen operasional proyek yang bersangkutan yang kurang baik atau tidak konsisten dalam pelaksanaan penambahan biaya

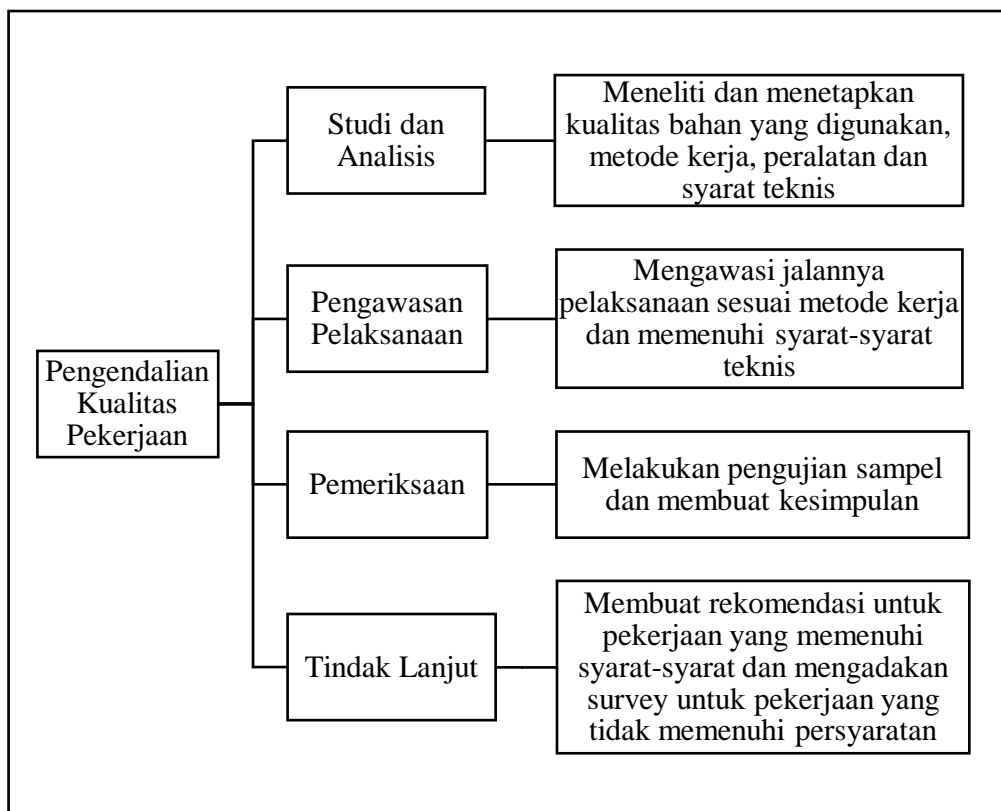
Tiga jenis pengendalian mutu :

1. pengendalian mutu bahan baku
2. pengendalian mutu bahan olahan
3. pengendalian mutu hasil pekerjaan

Prosedur pengendalian mutu meliputi beberapa aspek yang mendukung keberhasilan pelaksanaan konstruksi adalah sebagai berikut :

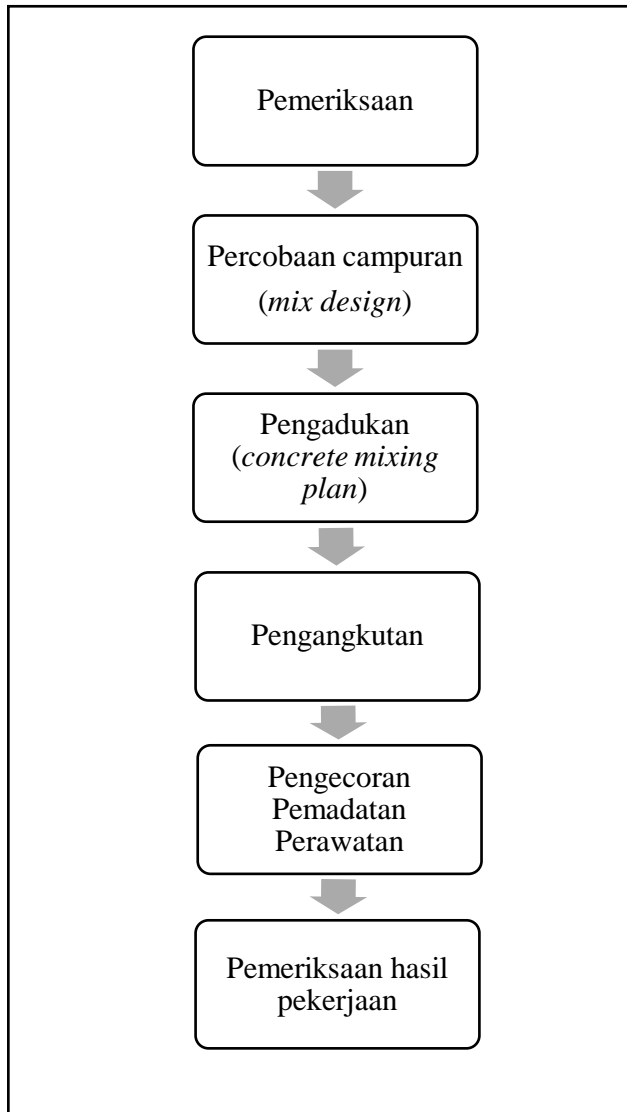
1. penyelesaian tepat waktu
2. ukuran-ukuran sesuai dengan desain kualitas
3. biaya tidak melebihi anggaran yang ditetapkan
4. jaminan keselamatan dan keamanan pekerja

Kerangka Pengendalian Mutu dijelaskan pada gambar berikut :

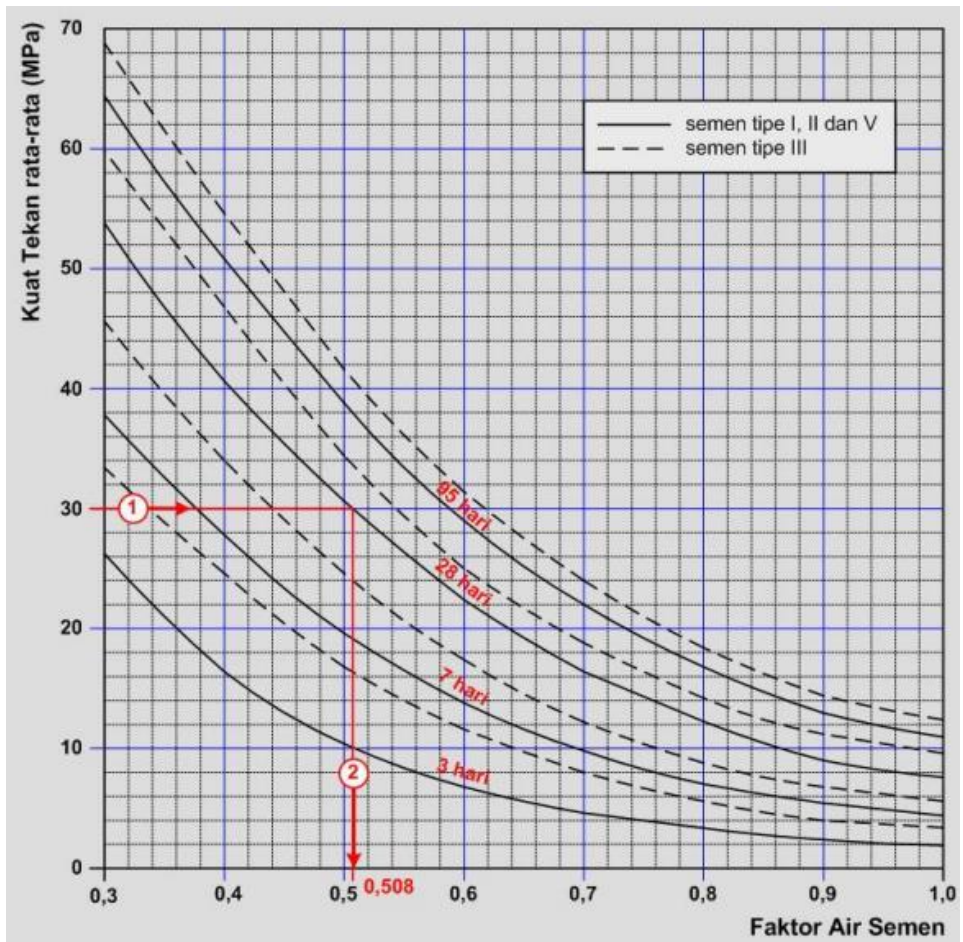


Gambar 2.2 Kerangka Pengendalian Mutu

Standar pelaksanaan prosedur untuk menjamin tercapainya kualitas pekerjaan yang dikehendaki adalah sebagai berikut :

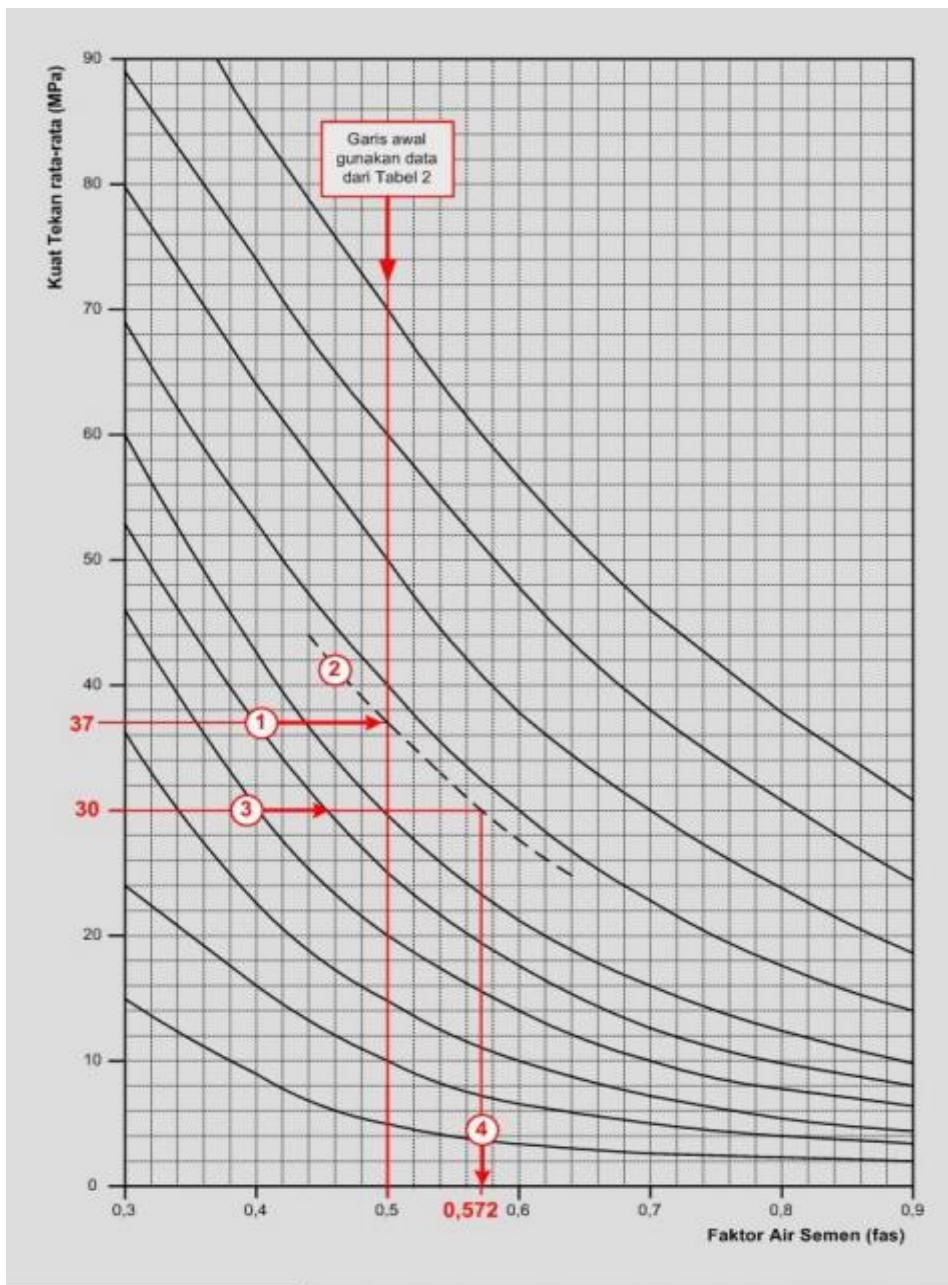


Gambar 2.3 Standar pelaksanaan prosedur pengendalian mutu



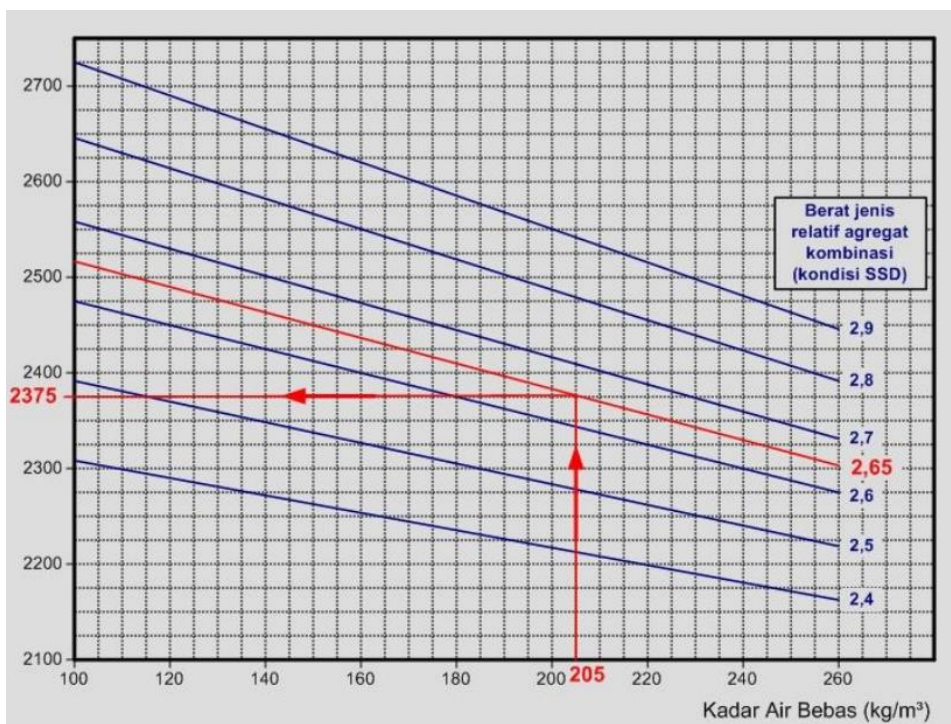
Gambar 2.4 Grafik 1 Hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen (benda uji berbentuk silinder diameter 150 mm, tinggi 300 mm)

Sumber : SNI 03-2834-2000



Gambar 2.5 Grafik 2 Hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen (benda uji berbentuk kubus 150x150x150 mm)

Sumber : SNI 03-2834-2000



Gambar 2.6 Grafik perkiraan berat isi beton basah yang telah selesai didapat  
 Sumber : SNI 03-2834-2000

| No | Uraian   | Tabel/Grafik Perhitungan                            | Perhitungan                  |                                       |   |                      |
|----|--|---|------------------------------|---------------------------------------|---|----------------------|
| 1  | Kuat tekan karakteristik (Benda uji silinder)        | Ditetapkan  |                              |                                       |   |                      |
| 2  | Deviasi Standar                                      | Butir 4.3.2.1.1).(2)<br>Tabel 1                     |                              |                                       |   |                      |
| 3  | Nilai tambah (margin)                                | Butir 4.3.2.1.2)                                    |                              |                                       |   | Mpa                  |
| 4  | Kekuatan rata-rata yang hendak dicapai               | Butir 4.3.2.1.3)                                    |                              |                                       |   | Mpa                  |
| 5  | Jenis Semen  | Ditetapkan  |                              |                                       |   |                      |
| 6  | Jenis Agregat :<br>- Kasar<br>- Halus                |   |                              |                                       |   |                      |
| 7  | Faktor air semen bebas                               | Tabel 2<br>Grafik 1 atau 2                          |                              |                                       |   |                      |
| 8  | Faktor air semen maximum                             | Butir 4.2.3.2.2)                                    |                              |                                       |   |                      |
| 9  | S l u m p  | Ditetapkan<br>Butir 4.2.3.3                         |                              |                                       |   |                      |
| 10 | Ukuran agregat maximum                               | Ditetapkan<br>Butir 4.2.3.4                         |                              |                                       |   |                      |
| 11 | Kadar air bebas                                      | Tabel 3   | =                            |                                       |   | Kg/cm <sup>3</sup>   |
| 12 | Jumlah semen   | 11 : 8 atau 7                                       | =                            |                                       |   | Kg/cm <sup>3</sup>   |
| 13 | Jumlah semen maximum                                 | Ditetapkan  |                              |                                       |   |                      |
| 14 | Jumlah semen minimum                                 | Ditetapkan<br>Butir 4.2.3.2.2)<br>Tabel 4.5.6       |                              |                                       |   |                      |
| 15 | Faktor air semen yang disesuaikan                    |   |                              |                                       |   |                      |
| 16 | Susunan besar butir agregat halus                    | Grafik 3 s/d 6                                      | Daerah gradasi susunan butir | =                                     |   |                      |
| 17 | Susunan besar butir agregat gabungan                 | Grafik 7, 8, 9 atau<br>Tabel 7<br>Grafik 10, 11, 12 |                              |                                       |   |                      |
| 18 | Persen agregat halus                                 | Grafik 13 s/d 15<br>atau perhitungan                |                              |                                       |   |                      |
| 19 | Berat jenis riil agregat (kering permukaan)          |   | x                            | +                                     | x | = Kg/cm <sup>3</sup> |
| 20 | Berat jenis beton                                    | Grafik 16   |                              |                                       |   | = Kg/cm <sup>3</sup> |
| 21 | Kadar agregat gabungan                               | 20 - (12 + 11)                                      | -                            | -                                     |   | = Kg/cm <sup>3</sup> |
| 22 | kadar agregat halus                                  | 18 x 21   |                              | x                                     |   | = Kg/cm <sup>3</sup> |
| 23 | kadar agregat kasar                                  | 21 x 22   |                              | -                                     |   | = Kg/cm <sup>3</sup> |
| 24 | Proporsi campuran<br>-tiap m <sup>3</sup>            | Semen<br>(Kg)                                       | Air<br>(Kg)                  | Agregat<br>Halus (Kg)      Kasar (Kg) |   |                      |
| 25 | Proporsi campuran<br>Koreksi<br>-tiap m <sup>3</sup> |   |                              |                                       |   |                      |

Gambar 2.7 Tabel rencana campuran mutu beton

Sumber : SNI 03-2834-2000