

SOFT COMPUTING MIX DESIGN BETON BERDASARKAN SNI 7656:2012

Hanifa Shabira¹, Dadang Iskandar², Septyanto Kurniawan³

Prodi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Metro^{1,2,3}

E-mail : hanifashabira4321@gmail.com¹, dadangiskandar@rocketmail.com²,
s_yan_k@ymail.com³,

ABSTRAK

Mix design secara manual dilakukan dengan pembacaan grafik dan tabel referensi yang jumlahnya cukup banyak. Hal ini dilihat kurang efektif serta akan memakan waktu yang lama. Oleh karena itu dibutuhkan program komputer yang dapat membantu perhitungan *Mix Design* beton agar prosesnya lebih cepat. Dengan menggunakan program maka perhitungan akan menjadi cepat dan mudah karena hanya dengan memasukkan nilai-nilai variasi atau koefisien dari material beton tanpa harus membaca grafik serta tabel referensi yang ada. Program dibuat sebagai alat hitung perancangan *mix design* beton. Untuk menterjemahkan rangkaian langkah-langkah *Mix Design* dengan cara manual ke dalam program komputer diperlukan suatu pemodelan dari setiap unsur terkait sehingga dimengerti oleh bahasa pemrograman yang akan digunakan dalam pembuatan program.

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah menghasilkan *soft computing* yang dapat digunakan sebagai alat bantu dalam merancang campuran adukan beton berdasarkan SNI 7656:2012, dengan hasil perhitungan yang tidak jauh berbeda dengan hitungan manual yang sudah dianggap akurat dan dapat digunakan sebagai koreksi.

Penelitian dilakukan dengan membuat program sebagai alat bantu perhitungan *mix design* beton dengan *macro excel* yang menggunakan bahasa pemrograman *visual basic application*. Dimana data yang dihasilkan dari program akan dibandingkan dengan data dari SNI 7656:2012 yang dihitung manual dan dianggap sudah akurat.

Program *soft computing* tersebut sudah dibuat sesuai dengan acuan SNI 7656:2012, namun dibatasi hanya untuk analisa beton normal tanpa tambahan udara dengan mutu rencana 15 MPa sampai dengan 40 MPa. Secara garis besar program sudah menunjukkan hasil yang sama dengan hasil perhitungan secara manual dengan tingkat akurasi hampir mencapai 100%.

Kata Kunci : Rancang Campuran Adukan Beton, Bahasa Pemrograman, SNI 7656:2012.

PENDAHULUAN

Beton adalah campuran komposit yang mengandung berbagai bahan, yang sifatnya dapat sangat bervariasi. Sifat-sifat bahan-bahan ini dapat mempengaruhi kualitas beton. Desain campuran beton adalah proses memilih bahan yang tepat dan memutuskan proporsinya untuk mencapai kemampuan kerja, kekuatan, dan daya tahan yang diinginkan. Penentuan jumlah yang tepat dari bahan-bahan ini membuat konstruksi ekonomis. Karena sifat-sifat bahan sangat

bervariasi, itu adalah pekerjaan yang membosankan untuk sampai pada proporsi yang tepat dari campuran beton dan memakan waktu jika dikerjakan secara manual. (Avinash & BDV, 2021)

Desain campuran beton melibatkan pemilihan proporsi yang tepat untuk mencapai kemampuan kerja, kekuatan, dan daya tahan yang ditentukan. Selama periode waktu tertentu, para peneliti telah mengembangkan banyak teknik yang dibantu komputer untuk desain campuran beton. (Avinash & BDV, 2021)

Prosedur perancangan campuran beton umumnya ada tiga tahap: Tahap pertama adalah mengumpulkan persyaratan penggunaan struktur beton tersebut, kondisi lingkungan, kualitas material, dan koefisien variasi. Selanjutnya pada tahap kedua dapat ditentukan dasar perencanaan seperti nilai *slump*, kekuatan rencana, ketahanan dan jenis semen. Dari kedua tahap tersebut maka dapat dilanjutkan pada tahap ketiga yaitu perhitungan komposisi penyusun beton. (Setiono, 2008)

Mix design secara manual dilakukan dengan pembacaan grafik dan tabel referensi yang jumlahnya cukup banyak. Hal ini dilihat kurang efektif serta akan memakan waktu yang lama. Oleh karena itu dibutuhkan program komputer yang dapat membantu perhitungan *Mix Design* beton agar prosesnya lebih cepat. Dengan menggunakan program maka perhitungan akan menjadi cepat dan mudah karena hanya dengan memasukkan nilai-nilai variasi atau koefisien dari material beton tanpa harus membaca grafik serta tabel referensi yang ada. Program dibuat sebagai alat hitung perancangan *Mix Design* beton. Untuk menterjemahkan rangkaian langkah-langkah *Mix Design* dengan cara manual ke dalam program komputer diperlukan suatu pemodelan dari setiap unsur terkait sehingga dimengerti oleh bahasa pemrograman yang akan digunakan dalam pembuatan program.

Ada beberapa metode *Mix Design* yang cukup dikenal oleh kalangan *Engineer*, diantaranya yaitu: ACI dan SKSNI. Namun penelitian ini akan menitikberatkan pada *Mix Design* beton berdasarkan SNI 7656:2012. Prosedur *Mix Design* dilakukan dengan aturan tertentu, alur yang teratur dan berulang untuk mendapatkan hasil yang tepat.

Dalam penelitian ini, peneliti akan mencoba melakukan pemodelan *Mix Design* beton berdasarkan SNI 7656:2012 yang akan diwujudkan dalam bentuk *soft computing* berbasis *Macro Excel* dengan

bahasa *Visual Basic Application* (VBA). Yang nantinya *soft computing* ini diharapkan dapat bermanfaat dan mampu membantu para *Engineer* dalam melakukan perancangan campuran beton dengan efektif serta dapat mempercepat waktu perancangan.

TINJAUAN PUSTAKA

Beton

Beton merupakan campuran antara semen *Portland* atau semen hidrolis yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan tambahan, membentuk massa yang padat, kuat, dan stabil. (SNI 7656:2012). Seiring dengan penambahan umur, beton akan semakin mengeras dan akan mencapai kekuatan rencana pada usia 28 hari. Beton memiliki daya kuat tekan yang baik oleh karena itu beton banyak dipakai atau dipergunakan untuk pemilihan jenis struktur terutama struktur bangunan, jembatan dan jalan. (SNI 2847:2013).

Nilai kekuatan dan daya tahan (*durability*) beton merupakan fungsi dari banyak faktor, antaranya adalah nilai banding campuran dan mutu bahan susun, metode pelaksanaan pembuatan adukan beton, temperatur dan kondisi perawatan pengerasannya. Nilai kuat tekan beton relatif tinggi dibanding kuat tariknya, dan merupakan bahan getas. Nilai kuat tariknya berkisar antara 9%-15% dari kuat tekannya, pada penggunaan sebagai komponen struktural bangunan, umumnya beton diperkuat dengan batang tulangan baja sebagai bahan yang dapat bekerjasama dan mampu membantu kelemahannya, terutama pada bagian yang bekerja menahan tarik. (Dipohusodo, 1994)

Rancang Campuran Adukan Beton (*Concrete Mix Design*)

Setyawan Arnadi (2014), *Mix Design* adalah sebuah proses pemilihan komposisi campuran yang sesuai untuk pembuatan beton dan menentukan jumlah

relatif dengan tujuan menghasilkan beton dengan cara yang paling ekonomis tanpa mengurangi kriteria minimum yang diizinkan, antara lain adalah kekuatan rencana, *durabilitas*, dan konsistensinya.

Perancangan campuran beton bertujuan untuk menentukan proporsi bahan material beton yaitu semen, agregat halus, agregat kasar, dan air yang memenuhi kriteria *workabilitas*, kekuatan, *durabilitas*, dan penyelesaian akhir yang sesuai dengan spesifikasi. Proporsi yang dihasilkan oleh rancangan pun harus optimal, atau penggunaan bahan yang minimum dengan tetap mempertimbangkan kriteria teknis dan ekonomis. Perancangan campuran beton merupakan suatu hal yang kompleks jika dilihat dari perbedaan sifat dan karakteristik bahan penyusunnya. (Pusdiklat Jalan, 2017)

Pemilihan proporsi campuran beton harus didasarkan atas data percobaan atau pengalaman dengan bahan-bahan yang akan benar-benar dipakai. Akan dijelaskan mengenai prosedur proporsi campuran beton biasa. Dimana prosedur pemilihan campuran beton ini berlaku untuk beton berat normal. Penentuan spesifikasi sesuai kebutuhan proyek seringkali tidak bebas ditentukan oleh perencana. Spesifikasi itu ditentukan oleh persyaratan lingkungan atau karakter komponen struktur beton antara lain: rasio maksimum air/semen, kadar semen minimum, *slump*, ukuran agregat maksimum, kuat tekan minimum, dll. (Pujo Aji dan Rachmat Purwono, 2011)

Metode SNI 7656:2012, dalam prosedur rancangan campurannya mengadopsi beberapa asumsi sebagai berikut (Alkhaly, 2016) :

- 1) Metode ini tidak membedakan jenis semen hidrolik (berlaku untuk semua jenis semen hidrolik) dan jenis agregat
- 2) Konsistensi campuran yang memengaruhi kemudahan kerja dianggap hanya tergantung pada kadar air bebas dari proporsi

campuran beton, dan dinyatakan dalam bentuk uji *slump*.

- 3) Rasio optimum dari volume curah agregat kasar per kubik beton tergantung hanya pada ukuran maksimum nominal dari agregat kasar.
- 4) Jenis pemadatan memengaruhi tinggi *slump* yang dianjurkan.
- 5) Estimasi volume bahan campuran beton dapat dilakukan berdasarkan ekivalensi berat maupun ekivalensi *absolute*.
- 6) Metode ini tidak memberikan batasan kadar minimum beton yang dapat digunakan.

Metode ini memberikan pengurangan air sebesar 18 kg/m³ pada campuran beton yang menggunakan agregat kasar alami/kerikil.

Kuat Tekan Beton

Mutu dari sebuah struktur ditentukan oleh kuat tekan beton. Semakin tinggi tingkat kekuatan struktur yang dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan. Beton harus dirancang proporsi campurannya agar menghasilkan suatu kuat tekan rata-rata yang disyaratkan. Pada tahap pelaksanaan konstruksi, beton yang telah dirancang campurannya harus diproduksi sedemikian rupa sehingga memperkecil frekuensi beton dengan kuat tekan yang lebih rendah dari f'_c seperti yang sudah disyaratkan. Menurut Standar Nasional Indonesia, kuat tekan harus memenuhi $0,85 f'_c$ untuk kuat tekan rata-rata dua silinder dan memenuhi $f'_c + 0,82 s$ untuk rata-rata empat buah benda uji yang berpasangan. Jika tidak memenuhi, maka diuji mengikuti ketentuan selanjutnya. (Tri Mulyono, 2004)

Untuk memperoleh mutu beton yang tinggi dilakukan uji kekuatan beton yang dinamakan *Compressive Test* atau Uji Kuat Tekan. Mutu beton menurut standar yang berlaku dinyatakan dalam f'_c dengan satuan MPa (*Mega Pascal*), dimana $1 \text{ MPa} = 1 \text{ N/mm}^2$.

Berikut ini rumus untuk mencari kuat tekan beton:

$$F_c' = \frac{P}{A} \text{ (MPa)}$$

F_c' = Kuat Tekan (Kg/cm^2)

P = Beban Maksimum (N)

A = Luas Penampang Benda Uji (mm^2)

Faktor-Faktor Kuat tekan sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain (Sukarmo, 2020) :

1. Faktor Air Semen (FAS)

Rasio berat air dengan berat semen disebut rasio air / Semen. Ini adalah faktor paling penting untuk mendapatkan kekuatan beton. Rasio w / c (water / cement) yang lebih rendah menyebabkan kekuatan beton yang lebih tinggi. Secara umum, rasio air / semen yang digunakan adalah 0,45-0,60. Air yang terlalu banyak menyebabkan pemisahan dan kekosongan pada beton atau yang biasa disebut *Bleeding* Pada Beton. Rasio Air / Semen berbanding terbalik dengan kekuatan beton. Seperti yang ditunjukkan pada grafik di bawah ini ketika rasio w / c meningkat kekuatan beton akan menurun dan ketika rasio w / c menurun maka kekuatan beton meningkat. (Sukarmo, 2020)

2. Pematatan Beton

Pematatan beton meningkatkan kerapatan beton karena itu adalah proses di mana rongga udara dihilangkan dari beton yang baru dituang yang membuat beton padat. Kehadiran rongga udara dalam beton sangat mengurangi kekuatannya. Sekitar 5% rongga udara dapat mengurangi kekuatan sebesar 30 hingga 40%. Seperti yang dapat kita lihat pada grafik di atas, bahkan pada rasio air / semen yang sama berbeda dengan akurasi pematatan yang berbeda. Pada beton yang dipadatkan secara merata, kekuatannya lebih tinggi dari beton yang dipadatkan tetapi tidak merata. Oleh karena itu digunakan mesin vibrator saat

pengecoran berlangsung. (Sukarmo, 2020)

3. Bahan beton

Bahan utama beton adalah semen, pasir, agregat dan air.

4. Kondisi Cuaca

Kondisi cuaca juga mempengaruhi kekuatan beton karena berbagai alasan. Dalam iklim dingin, beton eksterior mengalami aksi pembekuan dan pencairan berulang-ulang karena perubahan cuaca yang tiba-tiba. Hal ini menghasilkan kerusakan beton. Dengan perubahan kadar air, bahan meluas dan berkontraksi. Hal tersebut menghasilkan retakan pada beton. (Sukarmo, 2020)

5. Suhu

Dengan tingkat kenaikan suhu tertentu, laju proses hidrasi meningkat di dalamnya, sehingga mendapatkan kekuatan dengan cepat. Perubahan suhu yang tiba-tiba menciptakan *gradien termal*, yang menyebabkan keretakan dan *spalling* beton. Sehingga, kekuatan akhir beton lebih rendah pada suhu yang sangat tinggi. (Sukarmo, 2020)

6. Tingkat Pembebanan

Kekuatan beton meningkat dengan meningkatnya laju pembebanan karena pada laju pembebanan yang tinggi, ada sedikit waktu untuk merayap. *Creep* menghasilkan deformasi permanen pada struktur pada pembebanan konstan. Sehingga, kegagalan terjadi pada batas nilai regangan daripada tegangan. Dalam pemuatan cepat, resistensi beban lebih baik daripada pemuatan lambat. (Sukarmo, 2020)

7. Umur Beton

Kuat tekan beton bertambah seiring dengan bertambahnya umur beton. Hal ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, semakin tinggi suhu perawatan semakin cepat kenaikan kekuatan betonnya. (Sukarmo, 2020)

Bahasa Pemrograman

Bahasa pemrograman atau bahasa komputer merupakan instruksi standar untuk memerintah komputer. Bahasa pemrograman dapat dimanfaatkan untuk menciptakan sebuah sistem aplikasi sesuai kebutuhan dari berbagai bidang ilmu pengetahuan.

Bahasa tingkat tinggi adalah bahasa pemrograman yang berorientasi kepada bahasa manusia. Program dibuat dengan menggunakan bahasa pemrograman yang mudah dipahami oleh manusia biasanya menggunakan kata-kata bahasa Inggris, misalnya *IF* untuk menyatakan jika dan *AND* untuk menyatakan dan. Sedangkan bahasa tingkat rendah adalah bahasa pemrograman yang berorientasi kepada mesin.

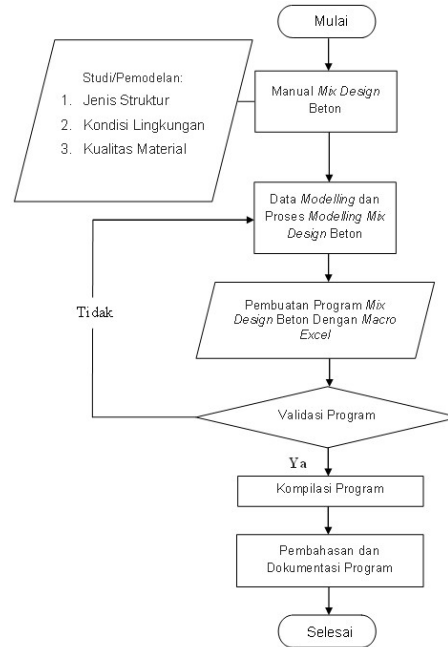
Sebelumnya sudah banyak bahasa pemrograman yang sering digunakan oleh para mahasiswa dan peneliti seperti *FORTRAN*, *CC+*, *Visual Basic*, *Turbo Pascal*, dan lain-lain. (Marwan, 2017)

METODE PENELITIAN

Desain Penelitian



Gambar 1. Bagan Alur *Mix Design* (Sumber: Hanifa shabira, 2022)



Gambar 2. Bagan Alur *Soft Computing* (Sumber: Hanifa shabira, 2022)

HASIL PENELITIAN

Gambaran Umum

Penelitian dilakukan dengan membuat program sebagai alat bantu perhitungan *mix design* beton dengan *macro excel* yang menggunakan bahasa pemrograman *visual basic application*. Dimana data yang dihasilkan dari program akan dibandingkan dengan data dari SNI 7656:2012 yang dihitung manual dan dianggap sudah akurat.

Sebelum pada tahap pembahasan mengenai perhitungan manual dan perhitungan program, akan sedikit dibahas mengenai ketentuan-ketentuan dalam penentuan data *mix design*, yaitu:

Pemilihan campuran beton dapat dilaksanakan secara efektif dari hasil pengujian laboratorium yang menentukan sifat fisik mendasar dari bahan-bahan yang akan digunakan, hubungan antara rasio air-semen atau rasio air-semen+*pozzolan*, kadar udara, kadar semen, dan kekuatan serta informasi mengenai karakteristik atau sifat

kemudahan pengerjaan dari berbagai susunan campuran bahan.

Sifat-sifat semen mempengaruhi sifat beton yang sudah mengeras. Berat jenis semen *Portland* biasanya sebesar 3,15. Untuk tipe semen lainnya berat jenis yang digunakan harus ditentukan melalui pengujian di laboratorium.

Analisa ayak, berat jenis, penyerapan air, dan kadar air dari agregat kasar dan agregat halus adalah sifat fisik untuk menghitung susunan campuran. Untuk pengujian laboratorium, agregat harus dipisahkan ke dalam beberapa *fraksi* yang disyaratkan dan disatukan kembali pada waktu pencampuran. Pengujian laboratorium dapat mengupayakan bagaimana mengatasi kurang tepatnya gradasi agregat yang tersedia. Setelah agregat melalui beberapa proses pengujian, maka didapat berat kering oven agregat kasar.

Namun pada penelitian ini tidak dilakukan pengambilan data pada laboratorium. Untuk uji validasi hasil rancangan digunakan analisa manual pada SNI 7656:2012 sebagai pembanding hasil analisa pada program. Dalam penelitian ini juga tidak dilakukan uji laboratorium mengenai proporsi material hasil rancangan pada program.

Analisa Perhitungan Untuk Metode SNI 7656:2012

Proses perancangan *mix design* dengan perhitungan manual ditampilkan dalam bentuk tabel dan akan diuraikan langkah perhitungannya. Sedangkan hasil perancangan *mix design* dengan *soft computing* ditampilkan dalam bentuk *screenshot*.

1. Perhitungan Manual

Langkah awal dalam perhitungan *mix design* secara manual adalah dengan menentukan mutu rencana. Pada SNI 7656:2012, mutu rencana yang ditetapkan berkisar antara 15-40 MPa. Dengan nilai ketentuan 15, 20, 25, 30, 35, dan 40, Jika mutu yang direncanakan adalah nilai selain dari ketentuan tersebut maka

dilakukan perhitungan dengan rumus interpolasi.

Berikut ini adalah data-data yang digunakan dalam perhitungan manual berdasarkan SNI 7656:2012 yang akan digunakan sebagai pembanding pada perhitungan program:

- 1) Mutu beton = 24 MPa
- 2) Slump Rencana = 75 – 100 mm
- 3) Ukuran agregat maksimum = 37,5 mm
- 4) Berat kering oven agregat kasar = 1600 kg/m³
- 5) Berat jenis semen = 3,15 (tanpa tambahan udara)
- 6) Modulus kehalusan agregat halus = 2,80
- 7) Berat jenis (SSD) agregat halus = 2,64
- 8) Berat jenis (SSD) agregat kasar = 2,681
- 9) Penyerapan air agregat halus = 0,70%
- 10) Penyerapan air agregat kasar = 0,50%

Berdasarkan data-data diatas maka dapat dilakukan perhitungan *mix design* yang akan diuraikan dibawah ini:

- a) Mencari banyaknya air pencampur
- Pada perhitungan manual, untuk menentukan banyaknya air pencampur dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 1. Banyaknya Air Pencampur

| Air (kg/m ³) untuk ukuran nominal agregat maksimum batu pecah | | | | | | | | |
|--|--------|---------|-------|-------|---------|-------|-------|--------|
| Slump (mm) | 9,5 mm | 12,5 mm | 19 mm | 25 mm | 37,5 mm | 50 mm | 75 mm | 150 mm |
| Beton tanpa tambahan udara | | | | | | | | |
| 25-50 | 207 | 199 | 190 | 179 | 166 | 154 | 130 | 113 |
| 75-100 | 228 | 216 | 205 | 193 | 181 | 169 | 145 | 124 |
| 150-175 | 243 | 228 | 216 | 202 | 190 | 178 | 160 | 0 |
| >175 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Banyaknya udara dalam beton (%) | | | | | | | | |
| | 3 | 2,5 | 2 | 1,5 | 1 | 0,5 | 0,3 | 0,2 |
| Beton dengan tambahan udara | | | | | | | | |
| 25-50 | 181 | 175 | 168 | 160 | 150 | 142 | 122 | 107 |
| 75-100 | 202 | 193 | 184 | 165 | 165 | 157 | 133 | 119 |
| 150-175 | 216 | 205 | 197 | 174 | 174 | 166 | 154 | - |
| >175 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Jumlah kadar udara yang disarankan untuk tingkat pemaparan sebagai berikut: | | | | | | | | |
| Ringan (%) | 4,5 | 4,0 | 3,5 | 3,0 | 2,5 | 2,0 | 1,5 | 1,0 |
| Sedang (%) | 6,0 | 5,5 | 5,0 | 4,5 | 4,5 | 4,0 | 3,5 | 3,0 |
| Berat (%) | 7,5 | 7,0 | 6,0 | 6,0 | 5,5 | 5,0 | 4,5 | 4,0 |

(SNI 7656:2012)

Untuk slump rencana 75-100 mm dan ukuran agregat maksimum 37,5 mm, maka banyaknya air pencampur yang didapat adalah 181 Kg/m³.

b) Rasio Air Semen

Rasio w/c atau w/(c+p) yang diperlukan tidak hanya ditentukan oleh syarat kekuatan, tetapi juga oleh beberapa faktor yaitu keawetan. Karena agregat, semen, dan bahan bersifat semen lainnya yang berbeda-beda umumnya menghasilkan kekuatan yang berbeda untuk rasio yang sama, maka sangat dibutuhkan adanya hubungan antara kekuatan dengan rasio air semen dari bahan-bahan yang akan dipakai. Bila data ini tidak ada, maka perkiraan dan nilai nilai lama dari beton yang menggunakan semen *Portland* tipe I disajikan dalam tabel SNI dibawah ini berdasarkan hasil pengujian benda uji umur 28 hari yang dipelihara dalam kondisi baku di laboratorium. Kekuatan rata-rata harus melebihi kekuatan yang disyaratkan dengan perbedaan yang cukup tinggi untuk menggunakan hasil-hasil uji yang rendah dalam rentang waktu tertentu.

Setelah banyaknya air pencampur didapat, maka selanjutnya adalah mencari rasio air semen berdasarkan mutu beton yang direncanakan.

Tabel 2. Rasio Air Semen

| Kekuatan Beton | Rasio Air-Semen (berat) | |
|----------------|----------------------------|-----------------------------|
| | Beton Tanpa Tambahan Udara | Beton Dengan Tambahan Udara |
| 40 | 0,42 | ~ |
| 35 | 0,47 | 0,39 |
| 30 | 0,54 | 0,45 |
| 25 | 0,61 | 0,52 |
| 20 | 0,69 | 0,60 |
| 15 | 0,79 | 0,70 |

(SNI 7656:2012)

Berdasarkan tabel rasio air semen di atas, maka disimpulkan bahwa untuk mutu 24 MPa rasio air semen nya ditentukan menggunakan rumus interpolasi linear. Interpolasi linear adalah cara untuk mendapatkan nilai yang ada diantara dua data.

Berikut ini persamaan interpolasi untuk menentukan rasio air semen pada mutu rencana 24 MPa:

$$\text{Rasio Air Semen} = 0,69 + \frac{(24-20)}{(25-20)} \times (0,61 - 0,69) = 0,62$$

c) Banyaknya Kadar Semen

Banyaknya semen untuk tiap satuan volume beton diperoleh dari penentuan air pencampur dan rasio air semen. Banyaknya kadar semen adalah banyaknya air pencampur dibagi dengan nilai rasio air semen. Untuk mutu beton 24 MPa, didapat kadar semen sebesar:

$$\begin{aligned} \text{Banyaknya kadar semen} &= \frac{\text{Banyaknya Air Pencampur}}{\text{Rasio Air Semen}} = \frac{181}{0,62} \\ &= 291,94 \text{ Kg} \end{aligned}$$

d) Volume Agregat Kasar

Pada SNI 7656:2012 volume yang disajikan dalam tabel adalah volume yang dipilih dari hubungan empiris untuk menghasilkan beton dengan sifat pengerjaan untuk pekerjaan konstruksi secara umum.

Tabel 3. Banyaknya Air Pencampur

| Ukuran Nominal Agregat Maksimum (mm) | Volume Agregat Kasar Kering Oven Per Satuan Volume Beton Untuk Berbagai Modulus Kehalusan dari Agregat Halus | | | |
|--------------------------------------|--|------|------|------|
| | 2,40 | 2,60 | 2,80 | 3,00 |
| 9,5 | 0,50 | 0,48 | 0,46 | 0,44 |
| 12,5 | 0,59 | 0,57 | 0,55 | 0,53 |
| 19 | 0,66 | 0,64 | 0,62 | 0,60 |
| 25 | 0,71 | 0,69 | 0,67 | 0,65 |
| 37,5 | 0,75 | 0,73 | 0,71 | 0,69 |
| 50 | 0,78 | 0,76 | 0,74 | 0,72 |
| 75 | 0,82 | 0,80 | 0,78 | 0,76 |
| 150 | 0,87 | 0,85 | 0,83 | 0,81 |

(SNI 7656:2012)

Untuk ukuran nominal agregat maksimum 37,5 mm dan modulus kehalusan agregat halus 2,80 didapat volume agregat kasar per satuan volume beton adalah 0,71. Sehingga berat keringnya adalah:

Berat Kering

$$\begin{aligned} &= \text{Berat kering oven Ag. Kasar} \times \text{Volume Ag. Kasar} \\ &= 1600 \times 0,71 \\ &= 1136 \text{ Kg} \end{aligned}$$

e) Perkiraan Berat Beton

Dari tabel dibawah ini perkiraan berat beton untuk ukuran nominal maksimum agregat 37,5 mm adalah 2410 Kg/m³.

Tabel 4. Perkiraan awal Berat Beton

| Ukuran Nominal Maksimum Agregat (mm) | Perkiraan Awal Berat Beton, kg/m ³ | | | | | |
|--------------------------------------|---|-------|----------|-------------|--------|----------|
| | Beton udara | tanpa | tambahan | Beton udara | dengan | tambahan |
| 9,5 | 2280 | | | 2200 | | |
| 12,5 | 2310 | | | 2230 | | |
| 19 | 2345 | | | 2275 | | |
| 25 | 2380 | | | 2290 | | |
| 37,5 | 2410 | | | 2350 | | |
| 50 | 2445 | | | 2345 | | |

(SNI 7656:2012)

Dari perhitungan a) sampai e), maka didapat:

$$\begin{aligned}
 \text{Air (berat bersih)} &= 181 \text{ Kg} \\
 \text{Semen} &= 291,94 \text{ Kg} \\
 \text{Agregat Kasar} &= 1136 \text{ Kg} \\
 \text{Jumlah} &= \underline{1608,94}
 \end{aligned}$$

Untuk mendapatkan volume agregat halus yang disyaratkan, satuan volume beton dikurangi jumlah seluruh volume dari bahan-bahan yang diketahui, yaitu air, semen dan agregat kasar.

Maka, berat agregat halus nya adalah = 2410 – 1608,94 = 801,1 Kg.

f) Volume Absolute

$$\begin{aligned}
 \text{Volume Air} &= 181 : 1000 = 0,181 \text{ m}^3 \\
 \text{Volume padat semen} &= 291,94 : (3,15 \times 1000) \\
 &= 0,092 \text{ m}^3 \\
 \text{Volume absolute Agregat Kasar} &= 1136 : (2,681 \times 1000) = 0,424 \text{ m}^3 \\
 \text{Volume udara terperangkap} &= 1\% \times 1 = 0,01 \text{ m}^3 \\
 \text{Jumlah volume padat selain agregat halus} &= 0,181 + 0,092 + 0,424 + 0,01 \\
 &= 0,707 \text{ m}^3 \\
 \text{Volume agregat halus yang dibutuhkan} &= 1 - 0,707 = 0,292 \text{ m}^3 \\
 \text{Berat agregat halus kering yang dibutuhkan} &= 0,292 \times 2,64 \times 1000 \\
 &= 771 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Dari beberapa langkah perhitungan di atas, didapat perbandingan berat

campuran satu meter kubik beton sebagai berikut:

Tabel 5. Perbandingan Perkiraan Massa Beton dengan Perkiraan Volume Absolute

| | Berdasarkan Perkiraan Massa (Kg) | Berdasarkan Perkiraan Volume Absolute (Kg) |
|------------------------|----------------------------------|--|
| Air (berat bersih) | 181 | 181 |
| Semen | 292 | 292 |
| Agregat Kasar (kering) | 1136 | 1136 |
| Pasir (kering) | 801 | 771 |

(Hanifa Shabira, 2022)

Dari data diatas maka dapat dituliskan perbandingan antara hitungan manual dan hitungan program yang disajikan pada tabel dibawah ini:

Tabel 6. Hasil Perbandingan Hitungan Manual dengan Hitungan Program

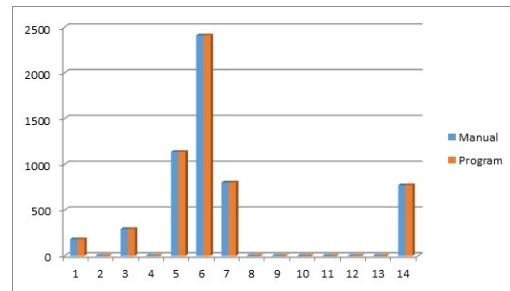
| | Manual | Program | Akurasi |
|----------------------------------|-----------------------|--------------------------|---------|
| Banyaknya air pencampur | 181 Kg/m ³ | 181 Kg/m ³ | 100% |
| Rasio Air Semen | 0,62 | 0,626 | 100% |
| Banyaknya Kadar Semen | 292 Kg/m ³ | 291,93 Kg/m ³ | 100% |
| Volume Agregat Kasar Kering Oven | 0,71 m ³ | 0,71 m ³ | 100% |
| Berat Agregat Kasar Kering | 1136 Kg | 1136,0 Kg | 100% |
| Berat Perkiraan | 2410 Kg | 2410 Kg | 100% |

| | | | |
|--|----------------------|-----------------------|---------|
| Berat Agregat Halus | 801 Kg | 801,06 Kg | 100% |
| Volume Air | 0,181 m ³ | 0,181 m ³ | 100% |
| Volume Padat Semen | 0,093 m ³ | 0,093 m ³ | 100% |
| Volume Absolute Agregat Kasar | 0,424 m ³ | 0,424 m ³ | 100% |
| Volume Udara Terperangkap | 0,010 m ³ | 0,010 m ³ | 100% |
| Jumlah Volume Padat selain agregat halus yang dibutuhkan | 0,707 m ³ | 0,7074 m ³ | 100% |
| Berat agregat halus kering yang dibutuhkan | 771 Kg | 772,46 Kg | 99,81 % |

(Hanifa Shabira, 2022)

Dari analisis di atas, terdapat selisih antara hasil perhitungan. Hal ini disebabkan oleh pembulatan angka dibelakang koma. Tetapi secara garis besar program sudah menunjukkan hasil yang sama dengan hasil perhitungan secara manual dengan tingkat akurasi hampir mencapai 100%.

Hasil dari data perbandingan disajikan dalam bentuk diagram dibawah ini:



Gambar 3. Diagram Batang Perbandingan Hitungan Manual dengan Hitungan Program (Sumber: Hanifa Shabira, 2022)

Keterangan:

1. Banyaknya Air Pencampur
2. Rasio Air Semen
3. Banyaknya Kadar Semen
4. Volume Agregat Kasar Kering Oven
5. Berat Kering Agregat Kasar
6. Berat Perkiraan
7. Berat Agregat Halus
8. Volume Air
9. Volume Padat Semen
10. Volume Absolute Agregat Kasar
11. Volume Udara Terperangkap
12. Jumlah Volume Padat Selain Agregat Halus
13. Volume Agregat Halus yang Dibutuhkan
14. Berat Agregat Halus Kering yang Dibutuhkan

KESIMPULAN

Berdasarkan perancangan *soft computing* untuk *mix design* beton normal berdasarkan SNI 7656:2012 menggunakan *macro excel* ini, dapat disimpulkan bahwa:

1. Program *soft computing* tersebut sudah dibuat sesuai dengan acuan SNI 7656:2012, namun dibatasi hanya untuk analisis beton normal tanpa tambahan udara dengan mutu rencana 15 MPa sampai dengan 40 MPa.
2. Dari hasil analisis perbandingan perhitungan manual dengan hasil perhitungan program, ada perbedaan pada rasio air semen, berat agregat halus, volume agregat halus yang

dibutuhkan dan berat agregat halus kering yang dibutuhkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adi, syahrul. 2014. Pengertian *Soft Computing* beserta Contohnya. <https://syahrulzzadie.blogspot.com/2014/10/pengertian-soft-computing.html>. 13 April 2022 (11:08)
- Aji, P., & Purwono, R. (2011). Pemilihan Proporsi Campuran Beton (Concrete Mix Design) sesuai ACI, SNI dan ASTM.
- Alkhaly, Y. R. (2016). Perbandingan Rancangan Campuran Beton Berdasarkan SNI 03-2834-2000 Dan SNI 7656: 2012 Pada Mutu Beton 20 MPa. *TERAS JURNAL-Jurnal Teknik Sipil*, 6(1), 11-18.
- Avinash, G., & BDV, C. M. R. (2021). MATLAB code for the design of high strength concrete mix. *Materials Today: Proceedings*, 46, 8381-8385.
- Bungin, B. (2014). Metode Analisis Kuantitatif. In: Edisi Kedua. Kencana Prenamedia Group. Jakarta.
- Dipohusodo, I. (1994). Struktur Beton Bertulang PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. BSN.
- Fasdarsyah, F., & David, S. (2018). Pengaruh Penambahan Serat Kawat Email Tembaga Pada Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah. *TERAS JURNAL-Jurnal Teknik Sipil*, 8(1), 323-328.
- Hamidi, A. (2004). Metode Penelitian Kualitatif: Aplikasi Praktis Pembuatan Proposal dan Laporan Penelitian Malang. In: UMM Press.
- Hunggurami, E., Bolla, M. E., & Messakh, P. (2017). Perbandingan Desain Campuran Beton Normal Menggunakan Sni 03-2834-2000 Dan Sni 7656: 2012. *Jurnal Teknik Sipil*, 6(2), 165-172.
- Iskandar, D., & Sriharyani, L. (2021). *Soft Computing* Penilaian Kondisi Perkerasan Jalan Berbasis *Artificial Neural Networks*. *TAPAK (Teknologi Aplikasi Konstruksi): Jurnal Program Studi Teknik Sipil*, 10(2), 148-154.
- Kardiyono, T. (2007). Teknologi Beton. Biro Penerbitan Teknik Sipil dan Lingkungan Universitas Gadjah Mada.
- Mulyono, T. (2004). Teknologi Beton (edisi kedua). Penerbit Andi Offset, Yogyakarta.
- Nawawi, M. (1992). Instrumen Penelitian Ilmu Sosial. Yogyakarta: Gajah.
- Pusdiklat Jalan, P., Permukiman, dan Pengembangan Infrastruktur Wilayah (2017). *Modul 3 – Rancangan Campuran Beton*. Bandung: Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia.
- Safitri, D. (2021). Mix Design dan Pelaksanaan Campuran Beton. *Jurnal Ilmu Teknik*, 1(3).
- Setyawan, A., Gunawan, P., & Setiono, S. (2014). Rancang Campur Beton Agregat Ringan dengan Bahasa Pemrograman Borland Delphi. *Matriks Teknik Sipil*, 2(4).
- Setiono, S. (2009). Pemanfaatan teknologi informasi dalam mix design beton normal dengan metode road note no. 4. *Gema teknik Majalah Ilmiah Teknik*, 11(1), pp-31.
- SNI 7656:2012. Tata cara pemilihan campuran untuk beton normal, beton berat dan beton massa.
- Sugiyono, P. (2013). Metodologi Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif. Bandung: Alfabeta.