

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pendahuluan

Untuk komputasi rancang campur sangatlah tidak efisien bila selalu menggunakan atau melihat tabel, sehingga perlu penyerderhanaan menjadi suatu fungsi, tabel – tabel yang dipakai dalam komputasi dari SNI 7656-2012, adalah sebagai berikut:

- a. Tabel 3.6. Perkiraan kebutuhan air pencampur dan kadar udara untuk berbagai slump dan ukuran nominal agregat maksimum batu pecah. (Beton tanpa tambahan udara)
- b. Tabel 3.7. Perkiraan kebutuhan air pencampur dan kadar udara untuk berbagai slump dan ukuran nominal agregat maksimum batu pecah. (Beton dengan tambahan udara)
- c. Tabel 3.8. Perkiraan kebutuhan air pencampur dan kadar udara untuk berbagai slump dan ukuran nominal agregat maksimum batu pecah. (kadar udara dalam beton)
- d. Tabel 2.2. Hubungan antara rasio air semen (w/c) atau rasio air-bahan bersifat semen $\{w/(c+p)\}$ dan kekuatan beton.
- e. Tabel 2.4. Volume agregat kasar per satuan volume beton
- f. Tabel 3.5. Perkiraan awal berat beton segar

Semua tabel diubah menjadi suatu fungsi yang akan memudahkan dalam komputasi.

4.2. Variabel

Pada setiap proses perlu suatu penamaan (variabel) sehingga antara proses yang satu dengan yang lain akan terjadi suatu alur yang jelas. Variabel utama yang digunakan adalah sebagai berikut:

Variabel yang digunakan dalam INPUT DATA

Beton

fck : Kuat tekan beton rata-rata pada umur 28 hari (Mpa)

Slump : Slump yang disyaratkan, pilih 1 dari 6 pilihan dibawah ini :

- 1) 25-50 (mm)
- 2) 50-75 (mm)
- 3) 75-100 (mm)
- 4) 100-125 (mm)
- 5) 125-150 (mm)
- 6) 150-175 (mm)

Pozolanik (fly ash)

Fw : Persentase (%) bahan pozolanik dalam berat yang dinyatakan dengan faktor desimal.

Gp : Berat jenis pozolanik (fly ash = abu batu)

Semen

Gc : Berat Jenis Semen (secara umum $G_c = 3.15$)

Entrap : Pihan udara dalam beton, yakni:

- 1) Tanpa (beton tanpa udara)
- 2) Dengan (beton dengan udara)

Level : Kadar udara dalam beton,
 Bila Entrap = 1) tanpa, maka level = 0, dan lanjut ke pemaparan
 Bila Entrap = 2) dengan, maka level ada 3 pilihan yakni:

- 1) Ringan
- 2) Sedang
- 3) Berat

Pemaparan (*Exposures*)

Exposure : Pemaparan, pilihan:

- 1) Ringan
- 2) Berat

Bila pilihan Exposure = 1) ringan, lanjut ke agregat halus

Bila pilihan Exposure = 2) berat, lanjut ke Type

Type : Tipe Struktur, terdiri dari dua pilihan yakni:

- 1) Tipis
- 2) Lainnya

Infl : Pengaruh pada pemaparan , terdiri dari dua pilhan, yakni:

- 1) Basah
- 2) Laut/sulfat

Agregat Halus

FM : Modulus Kehalusan Pasir (Agregat Halus)

Gfa : Berat Jenis Pasir [Specific Gravity Fine = (SSD)]

AbsFA : Penyerapan (absorsi) Air (%)

MoisFA : Kelembaban / Kandungan Air (%)

Agregat Kasar

Gca : Berat Jenis Kerikil [*Specific Gravity Coarse (SSD)*]

AbsCA : Penyerapan (absorsi) air (%)

DryRodCA : Berat kering agregat kasar (kg)

AggMax : Ukuran maximum Agregat, terdiri dari 8 pilihan yakni

1) 9.5 (mm)

2) 12.7 (mm)

3) 19 (mm)

4) 25 (mm)

5) 37.5 (mm)

6) 50 (mm)

7) 75 (mm)

8) 150 (mm)

MoisCA : Kelembaban / Kandungan air (%)

Variabel yang digunakan dalam PROSES

AirContent : Kadar udara (dari tabel 2.1)

WCratio : w/c atau w/(c+p) rasio (dari tabel 2.2)

WCmax : Maximum w/c rasio atau w/(c+p) rasio (dari tabel 2.3)

WCpratio : Bila pemaparan berat, bandingkan WCratio dan WCmax, yang lebih besar diantara keduanya digunakan, bila pemaparan ringan, WCpratio = WCratio

WtFresh : Perkiraan awal berat beton segar (dari tabel 2.5), dengan satuan kg/m^3

Variabel yang digunakan dalam OUTPUT

Berat material setiap m^3 berdasarkan berat dengan satuan kg:

WtWater	:	Berat air
WtFlyAsh	:	Berat pozolonik (<i>fly ash</i> / abu batu)
WtCement	:	Berat semen
WtCoarse	:	Berat agregat kasar (kerikil)
WtFine	:	Berat agregat halus (pasir)

Volume material berdasarkan volume absolut dengan satuan m^3 :

VolWater	:	Volume air
VolFlyAsh	:	Volume pozolonik (<i>fly ash</i> / abu batu)
VolCement	:	Volume semen
VolCoarse	:	Volume agregat kasar (kerikil)
VolFine	:	Volume agregat halus (pasir)
VolUdara	:	Volume udara yang nilainya = $AirContent/100$

Dimana $Vol_{total} = VolWater + VolFlyAsh + VolCement + VolCoarse + VolFine +$

$VolUdara = 1$

Berat material setiap m^3 berdasarkan volume absolut dengan satuan kg:

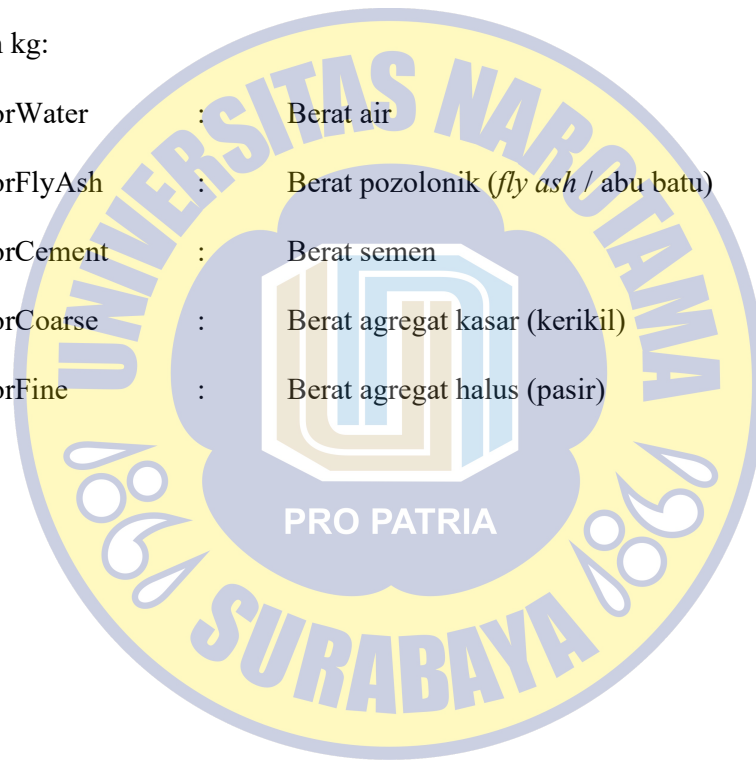
WtvWater	:	Berat air
WtvFlyAsh	:	Berat pozolonik (<i>fly ash</i> / abu batu)
WtvCement	:	Berat semen
WtvCoarse	:	Berat agregat kasar (kerikil)
WtvFine	:	Berat agregat halus (pasir)

Berat material setiap m^3 yang dikoreksi berdasarkan berat dengan satuan kg:

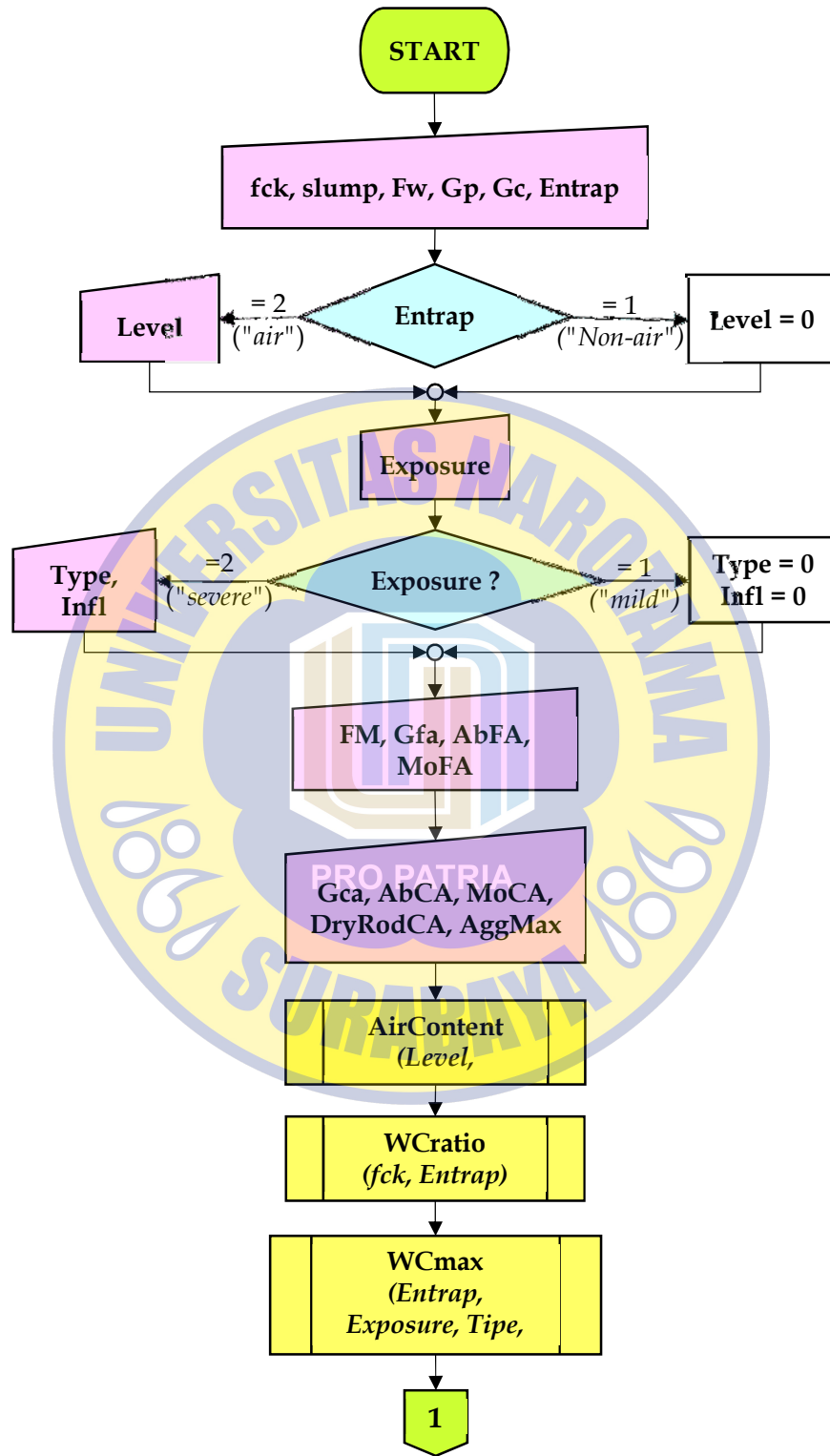
WCorWater	:	Berat air
WCorFlyAsh	:	Berat pozolonik (<i>fly ash</i> / abu batu)
WCorCement	:	Berat semen
WCorCoarse	:	Berat agregat kasar (kerikil)
WCorFine	:	Berat agregat halus (pasir)

Berat material setiap m^3 yang dikoreksi berdasarkan volume absolut dengan satuan kg:

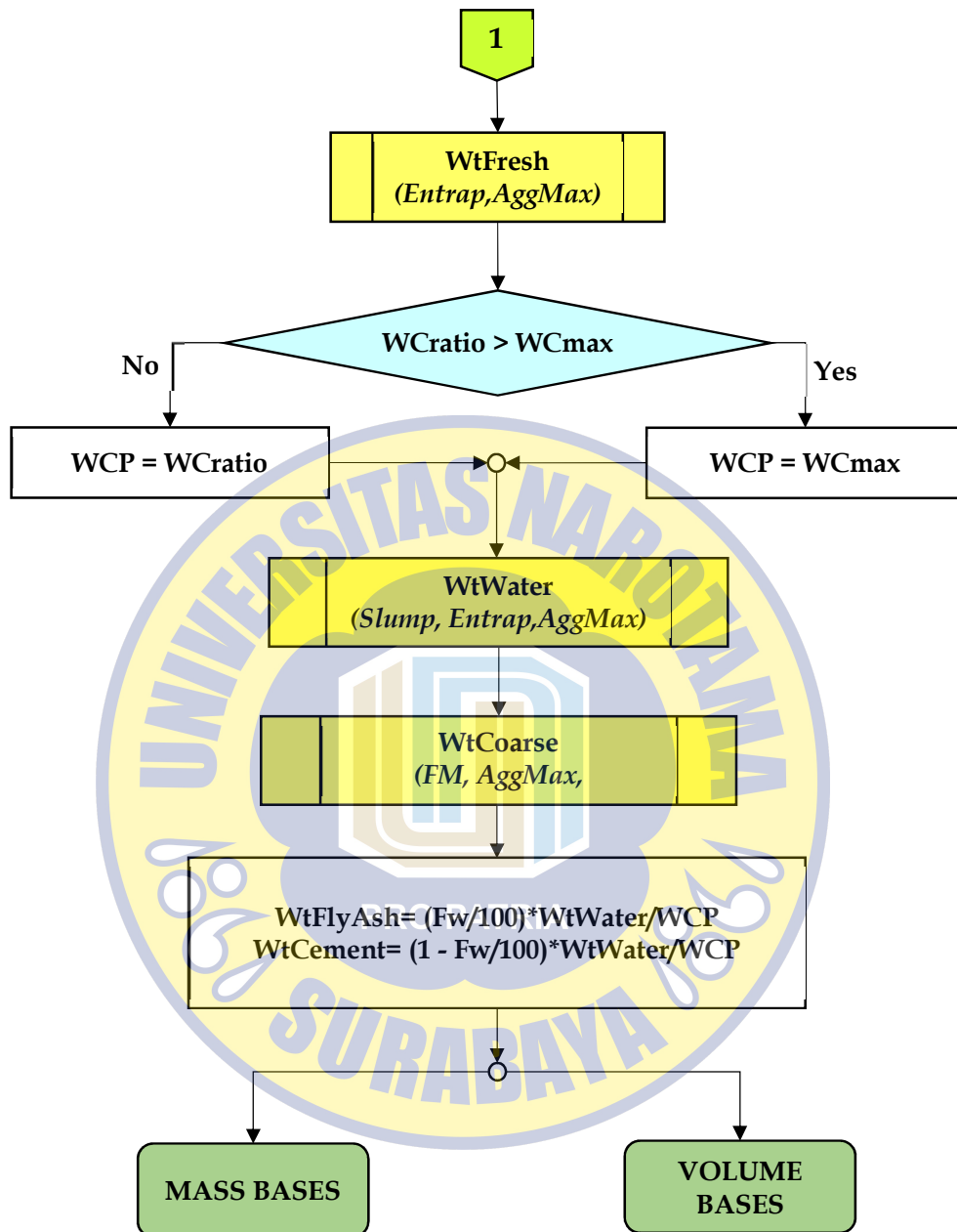
WvCorWater	:	Berat air
WvCorFlyAsh	:	Berat pozolonik (<i>fly ash</i> / abu batu)
WvCorCement	:	Berat semen
WvCorCoarse	:	Berat agregat kasar (kerikil)
WvCorFine	:	Berat agregat halus (pasir)



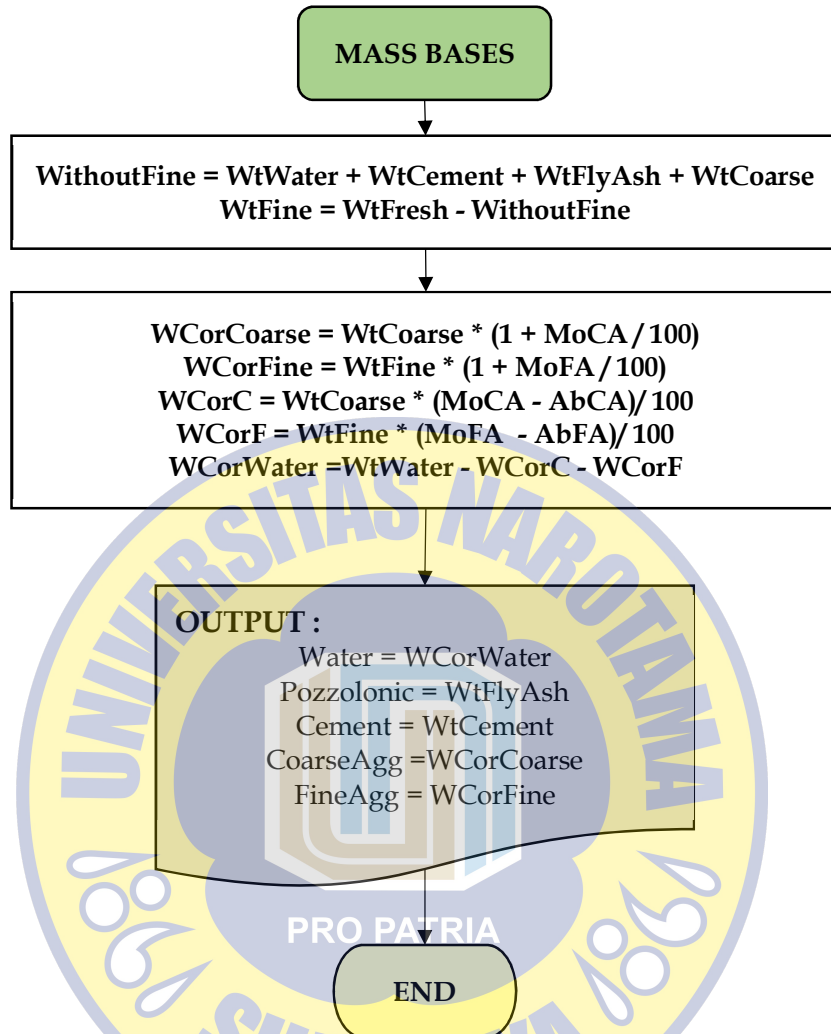
4.3. Bagan Alir



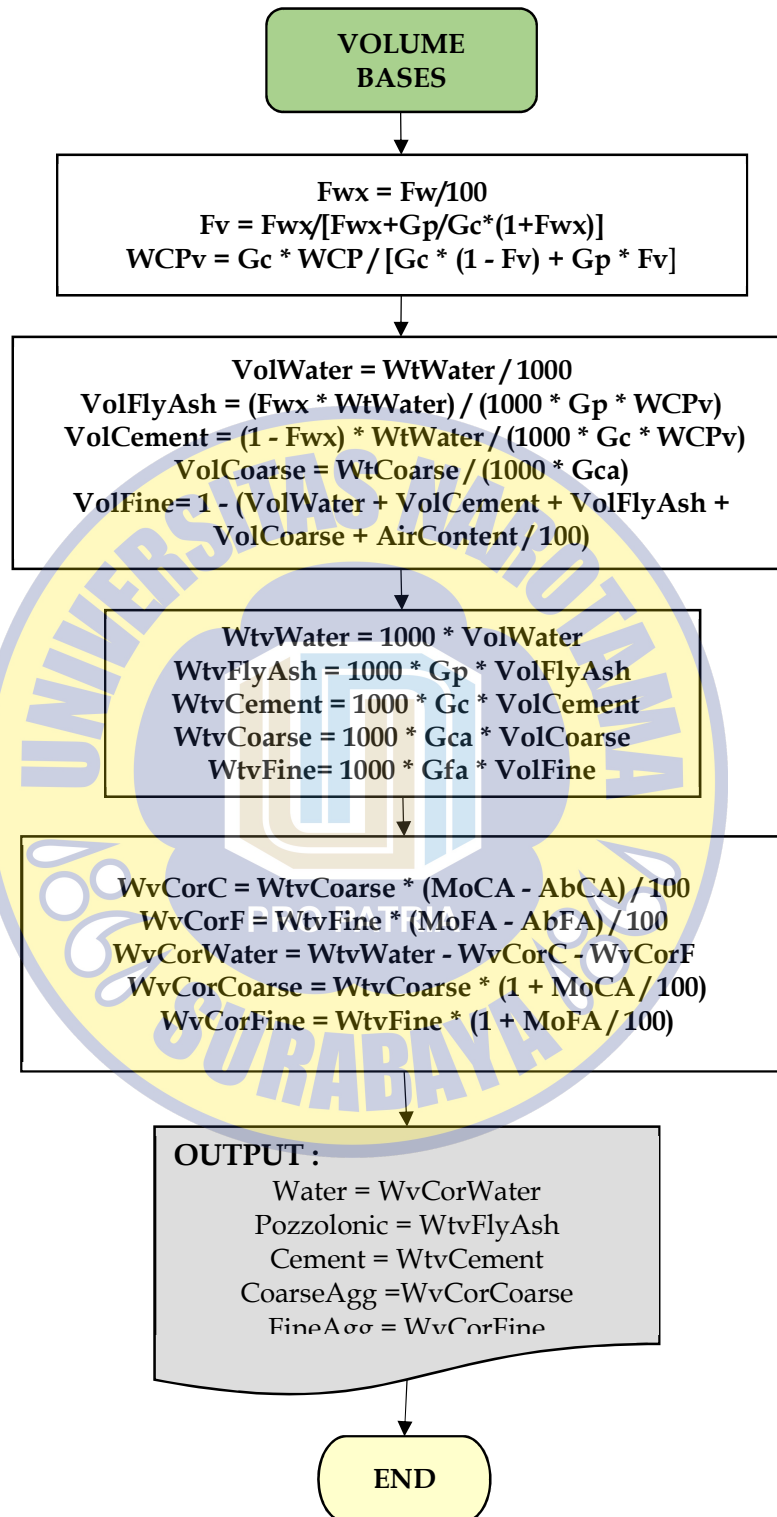
Gambar 4. 1. Flowchart Analisa Mix Design



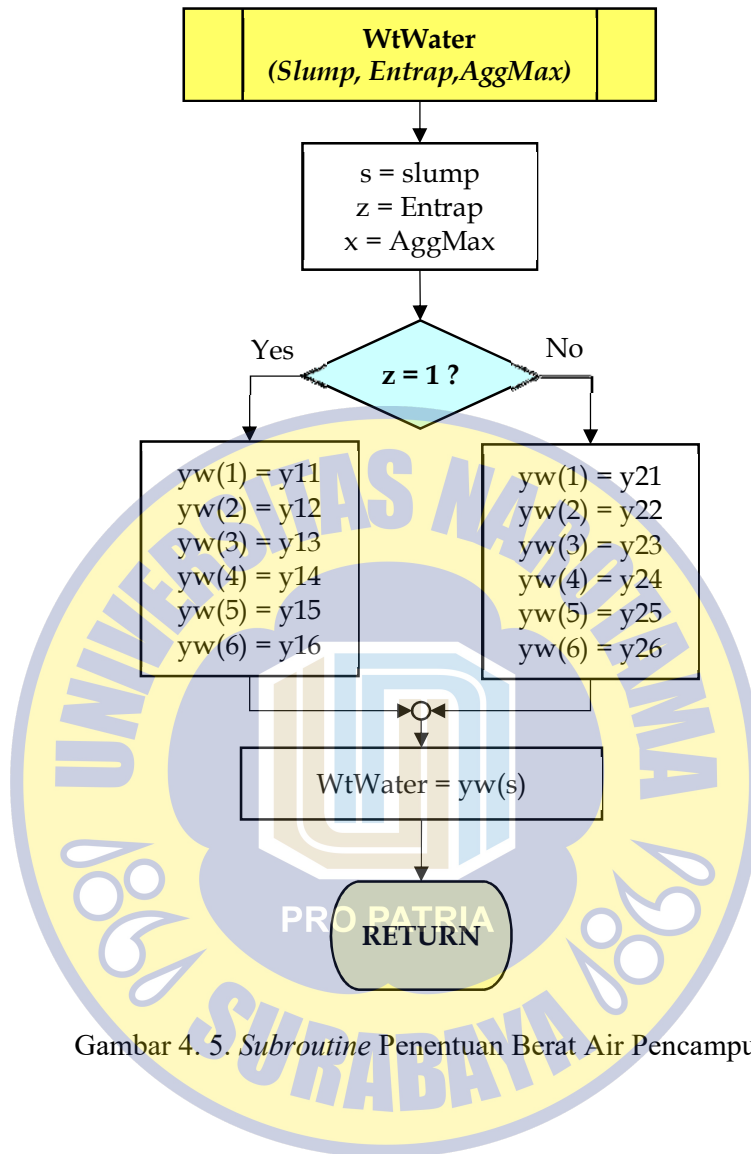
Gambar 4. 2. Flowchart Lanjutan Analisa Mix Design

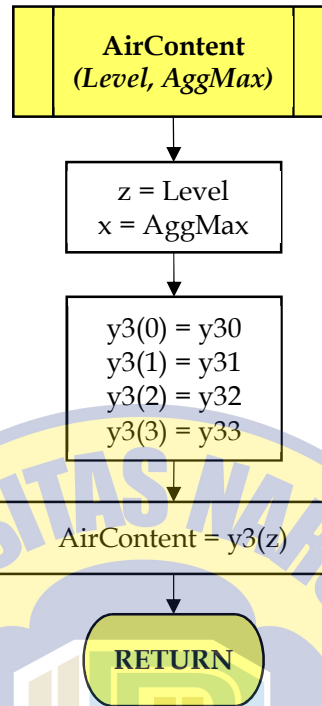


Gambar 4. 3. *Flowchart* Hasil Koreksi Berdasarkan Berat

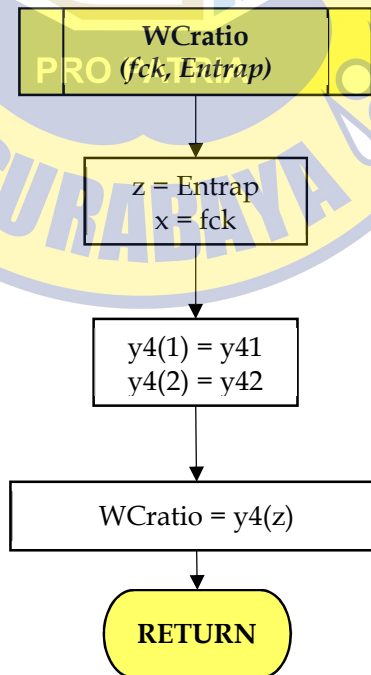


Gambar 4. 4. Flowchart Hasil Koreksi Berat Berdasarkan Volume Absolut

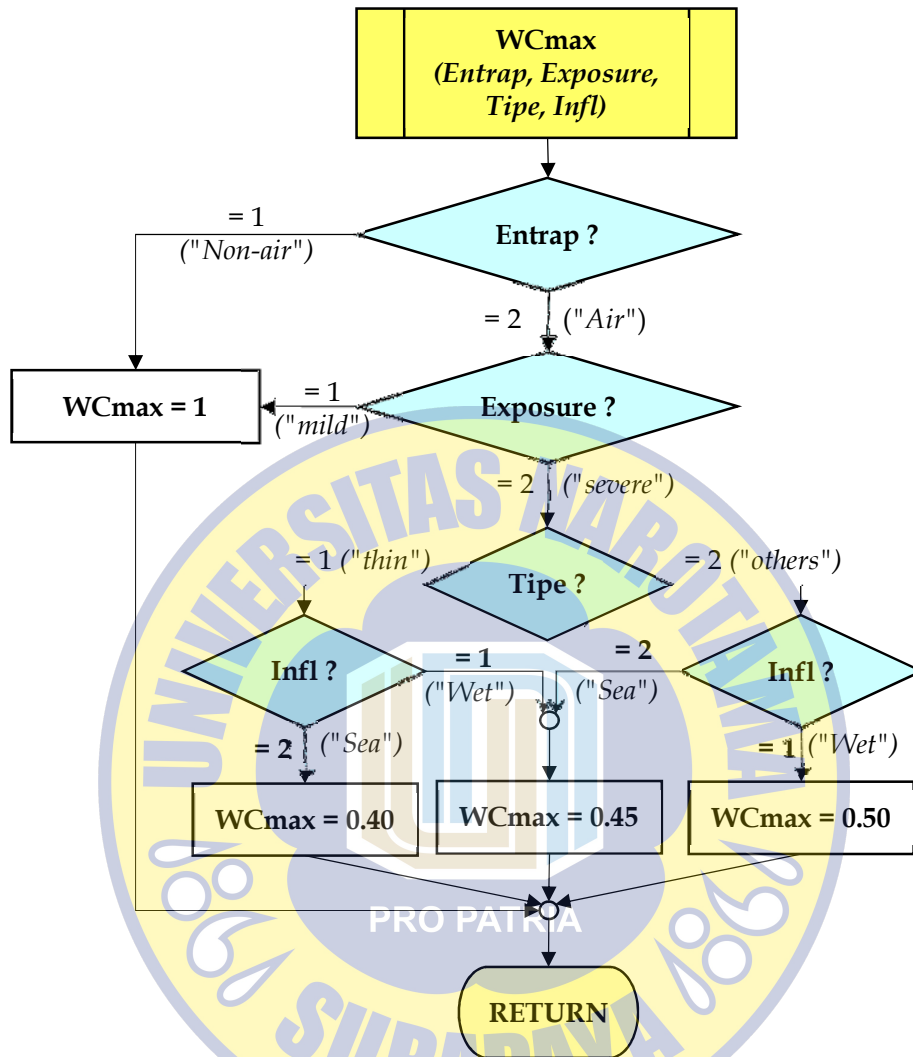
Gambar 4. 5. *Subroutine* Penentuan Berat Air Pencampur



Gambar 4. 6. Subroutine Kadar Udara



Gambar 4. 7. Subroutine Rasio Air – Semen



Gambar 4. 8. *Subroutine Air – Semen Maksimum*

y_{11}, \dots, y_{16} = persamaan (3.2.a s/d 3.2.f),

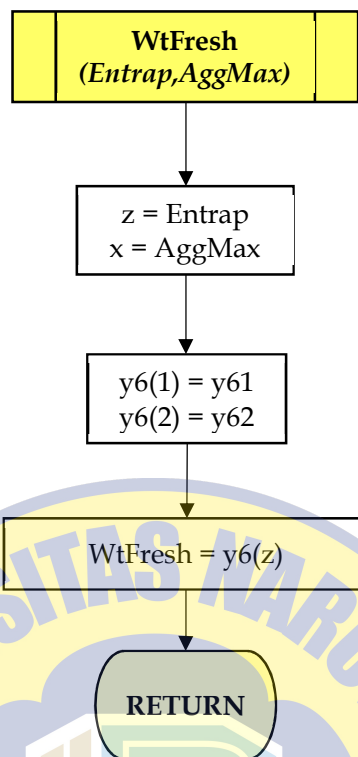
y_{21}, \dots, y_{26} = persamaan (3.3.a s/d 3.3.f)

y_{30}, \dots, y_{33} = persamaan (3.4.a s/d 3.4.d)

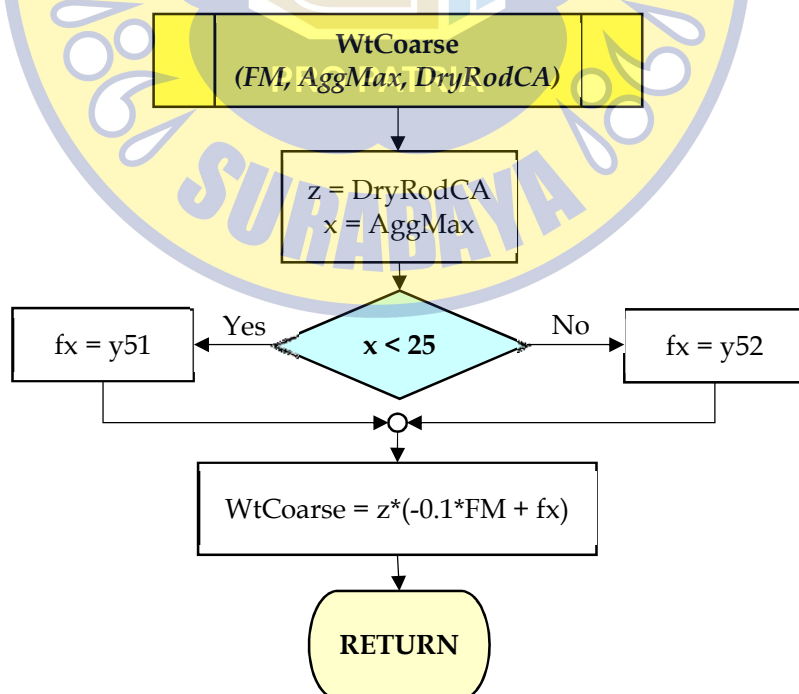
y_{41}, y_{42} = persamaan (3.5.a s/d 3.5.b)

y_{51}, y_{52} = persamaan (3.6.a s/d 3.6.b)

y_{61}, y_{62} = persamaan (3.7.a s/d 3.7.b)



Gambar 4. 9. Subroutine Berat Beton Segar



Gambar 4. 10. Subroutine Berat Kering Agregat Kasar

4.4. Fungsi Tabel

Wt_Water(Slump, Entrap, AggMax)

Entrap = 1 (tanpa udara)

Slump = 1,2,3,4,5,6

Dimana :

Slump = 1 = “25-50 (mm)”

Slump = 2 = “50-75 (mm)”

Slump = 3 = “75-100 (mm)”

Slump = 4 = “100-125 (mm)”

Slump = 5 = “125-150 (mm)”

Slump = 6 = “150-175 (mm)”

x = ukuran nominal agregat maximum

Pada tabel 3.6.:

$$\text{Wt_Water}(1,1,x) = -0.0000111*x^3 + 0.0089425*x^2 - 1.8147174*x + 221.533752 \quad (R^2=0.9977)$$

$$\text{Wt_Water}(2,1,x) = -0.0000291*x^3 + 0.0131584*x^2 - 2.088542*x + 234.3143 \quad (R^2=0.9957)$$

$$\text{Wt_Water}(3,1,x) = -0.0000426*x^3 + 0.0162374*x^2 - 2.2785993*x + 244.285581 \quad (R^2=0.9940)$$

$$\text{Wt_Water}(4,1,x) = -0.000488*x^3 + 0.0728043*x^2 - 4.272658*x + 267.7511 \quad (R^2=0.9973)$$

$$\text{Wt_Water}(5,1,x) = -0.0004987*x^3 + 0.076037*x^2 - 4.475151*x + 274.1917 \quad (R^2=0.9965)$$

$$Wt_Water(6,1,x) = -0.000536*x^3 + 0.0827147*x^2 - 4.7825228*x + 279.4357583 \quad (R^2=0.9959)$$

Entrap = 2 (dengan udara)

Slump = 1,2,3,4,5,6

Dimana :

$$\text{Slump} = 1 = \text{"25-50 (mm)"}'$$

$$\text{Slump} = 2 = \text{"50-75 (mm)"}'$$

$$\text{Slump} = 3 = \text{"75-100 (mm)"}'$$

$$\text{Slump} = 4 = \text{"100-125 (mm)"}'$$

$$\text{Slump} = 5 = \text{"125-150 (mm)"}'$$

$$\text{Slump} = 6 = \text{"150-175 (mm)"}'$$

x = ukuran nominal agregat maximum

Pada tabel 3.7.:

$$Wt_Water(1,2,x) = -0.0000038*x^3 + 0.0054866*x^2 - 1.2983588*x + 191.185054 \quad (R^2=0.9968)$$

$$Wt_Water(2,2,x) = -0.0000055*x^3 + 0.0064939*x^2 - 1.453547*x + 203.4307 \quad (R^2=0.9934)$$

$$Wt_Water(3,2,x) = -0.0000097*x^3 + 0.0076815*x^2 - 1.558815*x + 212.7070388 \quad (R^2=0.991)$$

$$Wt_Water(4,2,x) = -0.0004524*x^3 + 0.0638114*x^2 - 3.538278*x + 236.2557 \quad (R^2=0.9983)$$

$$Wt_Water(5,2,x) = -0.000439*x^3 + 0.064992*x^2 - 3.690117*x + 242.3494 \quad (R^2=0.9972)$$

$$Wt_Water(6,2,x) = -0.0003385*x^3 + 0.0562362*x^2 - 3.5060661*x + 243.402364 \quad (R^2=0.995)$$

Pada tabel 3.8.:

Air_Content(Level, AggMax)

Level = 0,1,2,3

Level = 0 = “Tanpa udara”

Level = 1 = “Ringan”

Level = 2 = “Sedang”

Level = 3 = “Berat”

x = ukuran nominal agregat maximum

$$Air_Content(0,x) = -0.0000052*x^3 + 0.0014847*x^2 - 0.1316092*x + 4.0214712 \quad (R^2=0.9958)$$

$$Air_Content(1,x) = -0.0000041*x^3 + 0.0012139*x^2 - 0.1196683*x + 5.4068884 \quad (R^2=0.9955)$$

$$Air_Content(2,x) = -0.0000034*x^3 + 0.000977*x^2 - 0.0943738*x + 6.5976472 \quad (R^2=0.9668)$$

$$Air_Content(3,x) = -0.0000046*x^3 + 0.0013253*x^2 - 0.1233447*x + 8.3344736 \quad (R^2=0.9712)$$

Pada tabel 2.2.:

WCratio_(fck, Entrap)

Entrap = 1 (tanpa udara / *Non-air entrained*)

Entrap = 2 (dengan udara / *air entrained*)

$$x = f_{ck}$$

$$WC_{ratio}(x,1) = -0.0000022*x^3 + 0.0003905*x^2 - 0.0308968*x + 1.1721429$$

$$(R^2=0.9996)$$

$$WC_{ratio}(x,2) = -0.0000067*x^3 + 0.0007571*x^2 - 0.0401905*x + 1.1548571$$

$$(R^2=0.9999)$$

Pada tabel 2.4.:

$$Wt_Coarse(FM, AggMax, DryRodCA)$$

x = ukuran nominal agregat maximum

Dibagi dalam dua kategori ukuran x

Bila $9.5 \text{ mm} \leq x < 25 \text{ mm}$; maka

$$Wt_Coarse(FM, x, DryRodCA) = DryRodCA * [-0.1*FM + 1.18027E-04*x^3 - 6.863402E-03*x^2 + 0.1378855*x - 0.051683] \quad (R^2 = 1)$$

Bila $25 \text{ mm} \leq x \leq 150 \text{ mm}$; maka

$$Wt_Coarse(FM, x, DryRodCA) = DryRodCA * [-0.1*FM + 1.21E-07*x^3 - 4.2577E-05*x^2 + 5.468405E-03*x + 0.8381061] \quad (R^2 = 1)$$

Pada tabel 3.8.:

$$Wt_Fresh(Entrap, AggMax)$$

Entrap = 1 (tanpa udara / *Non-air entrained*)

Entrap = 2 (dengan udara / *air entrained*)

x = ukuran nominal agregat maximum

$$Wt_Fresh(1,x) = + 2.14443E-04*x^3 - 6.765698E-02*x^2 + 7.360915*x + 2224.583 \quad (R^2 = 0.9945)$$

$$Wt_Fresh(2,x) = + 1.28711E-04*x^3 - 4.674232E-02*x^2 + 5.941731*x + 2161.381 \quad (R^2 = 0.9836)$$

4.5. Formula

$$\text{AirContent} = \text{Air_Content}(\text{Level}, \text{AggMax})$$

$$\text{WCratio} = \text{WCratio_}(fck, \text{Entrap})$$

WCmax (tabel 2.3)

$$1) \text{ Jika Entrap} = 1 \text{ ("ringan")} \text{ Maka WCmax} = 0$$

$$2) \text{ Jika Entrap} = 1 \text{ ("berat")}$$

$$2a) \text{ Jika Exposure} = 1 \text{ ("ringan")} \text{ Maka WCmax} = 0$$

$$2b) \text{ Jika Exposure} = 2 \text{ ("berat")}$$

$$2b1) \text{ Jika Tipe} = 1 \text{ ("tipis")} \text{ Dan Infl} = 1 \text{ ("basah")} \text{ Maka WCmax} = 0.45$$

$$2b2) \text{ Jika Tipe} = 1 \text{ ("tipis")} \text{ Dan Infl} = 2 \text{ ("laut/sulfat")} \text{ Maka WCmax} = 0.4$$

$$2b3) \text{ Jika Tipe} = 2 \text{ ("lainnya")} \text{ Dan Infl} = 1 \text{ ("basah")} \text{ Maka WCmax} = 0.5$$

$$2b4) \text{ Jika Tipe} = 2 \text{ ("lainnya")} \text{ Infl} = 2 \text{ ("laut/sulfat")} \text{ Maka WCmax} = 0.45$$

WCPratio

$$1) \text{ Jika WCmax} = 0 \text{ Maka WCPratio} = \text{WCratio}$$

$$2) \text{ Jika WCmax} > 0$$

$$2a) \text{ Jika WCmax} < \text{WCratio} \text{ Maka WCP_Ratio} = \text{WCratio}$$

$$2b) \text{ Jika WCmax} > \text{WCratio} \text{ Maka WCP_Ratio} = \text{WCmax}$$

$$\text{WtFresh} = \text{Wt_Fresh}(\text{Entrap}, \text{AggMax})$$

Berat material setiap m³ berdasarkan berat dengan satuan kg:

$$\text{WtWater} = \text{Wt_Water}(\text{Slump}, \text{Entrap}, \text{AggMax})$$

$$\text{WtFlyAsh} = (\text{Fw} / 100) * \text{WtWater} / \text{WCPratio}$$

$$\begin{aligned} \text{WtCement} &= (1 - F_w / 100) * \text{WtWater} / \text{WCPratio} \\ \text{WtCoarse} &= \text{Wt_Coarse}(\text{FM}, \text{AggMax}, \text{DryRodCA}) \\ \text{WtFine} &= \text{WtFresh} - (\text{WtWater} + \text{WtCement} + \text{WtFlyAsh} + \text{WtCoarse}) \end{aligned}$$

Volume material berdasarkan volume absolut dengan satuan m³:

Korelasi antara Fv dan Fw

$$F_v = 1 / (1 + (G_p / G_c) * (1 / F_w - 1))$$

$$\text{WCPvRatio} = G_c * \text{WCPratio} / (G_c * (1 - F_v) + G_p * F_v)$$

$$\text{VolWater} = \text{WtWater} / 1000$$

VolFlyAsh

1) Jika $F_w = 0$, maka $\text{VolFlyAsh} = 0$

2) Jika $F_w > 0$, maka

$$\text{VolFlyAsh} = (F_w / 100 * \text{WtWater}) / (1000 * G_p * \text{WCPvRatio})$$

$$\text{VolCement} = (1 - F_w / 100) * \text{WtWater} / (1000 * G_c * \text{WCPvRatio})$$

$$\text{VolCoarse} = \text{WtCoarse} / (1000 * G_{ca})$$

$$\text{VolUdara} = \text{AirContent} / 100$$

$$\text{VolFine} = 1 - (\text{VolWater} + \text{VolCement} + \text{VolFlyAsh} + \text{VolCoarse} + \text{VolUdara})$$

Berat material setiap m³ berdasarkan volume absolut dengan satuan kg :

$$\text{WtvWater} = 1000 * \text{VolWater}$$

$$\text{WtvFlyAsh} = 1000 * G_p * \text{VolFlyAsh}$$

$$\text{WtvCement} = 1000 * G_c * \text{VolCement}$$

$$\text{WtvCoarse} = 1000 * G_{ca} * \text{VolCoarse}$$

$$\text{WtvFine} = 1000 * G_{FA} * \text{VolFine}$$

Berat material setiap m³ yang dikoreksi berdasarkan berat dengan satuan kg:

$$W_{\text{CorWater}} = W_{\text{tWater}} - W_{\text{tCoarse}} * (\text{MoisCA} - \text{AbsCA}) / 100 - W_{\text{tFine}} * (\text{MoisFA} - \text{AbsFA}) / 100$$

$$W_{\text{CorFlyAsh}} = W_{\text{tFlyAsh}}$$

$$W_{\text{CorCement}} = W_{\text{tCement}}$$

$$W_{\text{CorCoarse}} = W_{\text{tCoarse}} * (1 + \text{MoisCA} / 100)$$

$$W_{\text{CorFine}} = W_{\text{tFine}} * (1 + \text{MoisFA} / 100)$$

Berat material setiap m³ yang dikoreksi berdasarkan volume absolut dengan satuan kg:

$$W_{\text{vCorWater}} = W_{\text{tvWater}} - W_{\text{tvCoarse}} * (\text{MoisCA} - \text{AbsCA}) / 100 - W_{\text{tvFine}} * (\text{MoisFA} - \text{AbsFA}) / 100$$

$$W_{\text{vCorFlyAsh}} = W_{\text{tFlyAsh}}$$

$$W_{\text{vCorCement}} = W_{\text{tCement}}$$

$$W_{\text{vCorCoarse}} = W_{\text{tvCoarse}} * (1 + \text{MoisCA} / 100)$$

$$W_{\text{vCorFine}} = W_{\text{tvFine}} * (1 + \text{MoisFA} / 100)$$

4.6. Evaluasi

Program ini dibandingkan dengan contoh perhitungan dari Lampiran B dari SNI 7656:2012 yakni contoh 1.

Diketahui

Kuat tekan rata-rata (28 hari) (fck) = 24 MPa

Slump = 75-100 mm

Nominal agregat maximum (AggMax) = 37.5 mm

Berat kering agregat kasar (DryRodCA) = 1600 kg/m³

Berat jenis semen (G_c) = 3.15

Agregat kasar

Berat Jenis (SSD), (G_{CA}) = 2.68

Penyerapan air (Abs_{CA}) = 0.5%

Kelembaban ($Mois_{CA}$) = 2%

Agregat Halus

Modulus kehalusan (FM) = 2.8

Berat Jenis (SSD), (G_{FA}) = 2.64

Penyerapan air (%), (Abs_{FA}) = 0.7 %

Kelembaban ($Mois_{FA}$) = 6%

Beton tanpa tambahan udara

Ditanya : Berat Material berdasarkan berat dan berdasarkan Volume Absolut

4.6.1. Berdasarkan SNI 7656:2012

- 1) Slump = 75-100 mm
- 2) AggMax = 37.5 mm
- 3) Tabel 2, Beton tanpa tambahan udara ;

Tabel 4. 1. Penentuan Berat Air Dari Tabel 2 SNI 7656 – 2012

Air (kg/m ³) untuk ukuran nominal agregat maksimum batu pecah								
Slump (mm)	9.5 mm	12.7 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	179	160	-
>175	-	-	-	-	-	-	-	-
udara (%)	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2

Air pencampur = 181 kg/m³

Udara yang terjebak = 1%

4) Tabel 3, untuk beton dengan fck = 24 MPa

Tabel 4. 2. Penentuan Rasio Air – Semen Dari Tabel 3 SNI 7656 – 2012

Kekuatan beton 28 hari (Mpa)	Rasio air semen	
	Beton tanpa udara	Beton dengan udara
15	0.79	0.7
20	0.69	0.6
25	0.61	0.52
30	0.54	0.45
35	0.47	0.39
40	0.42	-

Ratio air semen (w/c), untuk fck = 24 MPa, dengan interpolasi linear,

$$w/c = 0.69 + (24-20)/(25-20) * (0.61 - 0.69) = 0.626$$

5) Kadar Semen [dari 3) dan 4)] = 181/0.62 = 292 kg/m³

6) Tabel 5, perkiraan Agregat kasar , dengan Modulus kehalusan = 2.8,

Tabel 4. 3. Penentuan Perkiraan Volume Agregat Kasar Kering Dari Tabel 5 SNI 7656 – 2012

Ukuran nominal agregat maksimum (mm)	Volume agregat kasar kering			
	2.4	2.6	2.8	3
9.5	0.5	0.48	0.46	0.44
12.5	0.59	0.57	0.55	0.53
19	0.66	0.64	0.62	0.6
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	0.8	0.78	0.76
150	0.87	0.85	0.83	0.81

Didapatkan nilai 0.71 m^3 ,

Jadi berat kering Agregat kasar = $0.71 * \text{DryRodCA} = 0.71 * 1600 =$
 1136 kg

7) Berdasarkan berat

Tabel 6, perkiraan berat beton segar tanpa tambahan udara dengan
 ukuran agregat 37.5 mm

Tabel 4. 4. Penentuan Perkiraan Awal Berat Beton Segar Dari Tabel 6 SNI 7656 -
 2012

Ukuran nominal agregat maksimum (mm)	Perkiraan awal berat beton, kg/m ³	
	Beton tanpa tambahan udara	Beton dengan tambahan udara
9.5	2280	2200
12.5	2310	2230
19	2345	2275
25	2380	2290
37.5	2410	2320
50	2445	2345
75	2490	2405
150	2530	2435

Beton segar = 2410 kg

8) Air = 181 kg (langkah 3)

Semen = 292 kg (langkah 5)

Agregat kasar = 1136 kg (langkah 6)

Total = $181 + 292 + 1136 = 1609 \text{ kg}$

Berat total = 2410 kg (langkah 7)

Agregat halus = $2410 - 1609 = 801 \text{ kg}$

9) Berdasarkan volume absolut

Vol air = $181/1000 = 0.181 \text{ m}^3$

$$\begin{aligned} \text{Vol semen} &= 292 / (3.15 * 1000) = 0.093 \text{ m}^3 \\ \text{Vol agg kasar} &= 1136 / (2.68 * 1000) = 0.424 \text{ m}^3 \\ \text{Vol udara terperangkap} &= 0.01 * 1 = 0.010 \text{ m}^3 \\ \hline \text{Vol total (tanpa agregat halus)} &= 0.708 \text{ m}^3 \\ \text{Vol agregat halus} &= 1 - 0.708 = 0.292 \text{ m}^3 \\ \text{Berat agregat halus} &= 0.292 * 2.64 * 1000 = 771 \text{ kg} \end{aligned}$$

10) Perbandingan berat campuran

Tabel 4. 5. Perbandingan Hasil Perhitungan Berat Dengan Perhitungan Volume Dari Tabel SNI 7656 – 2012

Material	Berat	Volume
Air	181	181
Semen	292	292
Agregat kasar (kering)	1136	1136
Agregat halus (kering)	801	771
Total	2410	2380

11) Koreksi terhadap kandungan air

Kadar kelembaban air pada agregat kasar = 2% (diketahui)

Kadar kelembaban air pada agregat halus = 6% (diketahui)

Absorsi agregat kasar = 0.5 % (diketahui)

Absorsi agregat halus = 0.7 % (diketahui)

Air yang diserap tidak menjadi bagian dari air pencampur dan harus dikeluarkan dari penyesuaian dalam air yang ditambahkan, jadi air pada permukaan dari agregat kasar menjadi = 2% - 0.5% = 1.5%
Agregat halus menjadi = 6% - 0.7% = 5.3 %

Berdasarkan Berat

$$\text{Agregat kasar (basah)} = 1136 (1 + 0.02) = 1159 \text{ kg}$$

$$\text{Agregat halus (basah)} = 801 (1 + 0.06) = 849 \text{ kg}$$

$$\text{Jadi kebutuhan air} = 181 - 1136 (0.015) - 801(0.053) = 122 \text{ kg}$$

Perkiraan akibat berat dengan koreksi menjadi

$$\text{Air} = 122 \text{ kg}$$

$$\text{Semen} = 292 \text{ kg}$$

$$\text{Agregat kasar (basah)} = 1159 \text{ kg}$$

$$\text{Agregat halus (basah)} = 849 \text{ kg}$$

$$\text{Total} = 2422 \text{ kg}$$

Berdasarkan Volume

$$\text{Agregat kasar (basah)} = 1136 (1 + 0.02) = 1159 \text{ kg}$$

$$\text{Agregat halus (basah)} = 771 (1 + 0.06) = 817 \text{ kg}$$

$$\text{Jadi kebutuhan air} = 181 - 1136 (0.015) - 771(0.053) = 123 \text{ kg}$$

Perkiraan akibat berat dengan koreksi menjadi

$$\text{Air} = 123 \text{ kg}$$

$$\text{Semen} = 292 \text{ kg}$$

$$\text{Agregat kasar (basah)} = 1159 \text{ kg}$$

$$\text{Agregat halus (basah)} = 817 \text{ kg}$$

$$\text{Total} = 2391 \text{ kg}$$

12) Perbandingan berat campuran setelah dikoreksi

Tabel 4. 6. Perbandingan Hasil Perhitungan Berat Dengan Perhitungan Volume Dari Tabel SNI 7656 – 2012 Setelah Dikoreksi

Material	Berat	Volume
Air	122	123
Semen	292	292
Agregat kasar (basah)	1159	1159
Agregat halus (basah)	849	817
Total	2422	2391

Kadar udara,(Air Content)

Variabel (Input)

$f_{ck} = 24 \text{ MPa}$

Slump = 3 (75-100)

$F_w = 0\%$

$G_p = 0$

$G_c = 3.15$

4.6.2. Menggunakan Formula

Entrap = 1 (tanpa)

Level = 0

Pemaparan = 1 (ringan)

Agregat Halus

$FM = 2.8$

$GFA = 2.64$

$AbsFA = 0.7 \%$

$MoisFA = 6 \%$

Agregat Kasar

$GCA = 2.68$

$$\text{AbsCA} = 0.5 \%$$

$$\text{DryRodCA} = 1600 \text{ (kg)}$$

$$\text{AggMax} = 5 \text{ (37.5 mm)}$$

$$\text{MoisCA} = 2 \%$$

Kadar Udara

$$\text{AirContent} (\text{Level}, \text{AggMax})$$

Menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Air_Content}(0,x) = -0.0000052*x^3 + 0.0014847*x^2 - 0.1316092*x + 4.0214712$$

$$\text{AirContent} = -0.0000052*(37.5)^3 + 0.0014847*(37.5)^2 - 0.1316092*(37.5) + 4.0214712 = 0.9$$

$$\text{Kadar udara} = \text{AirContent} = 0.9$$

Water/cement ratio = WCRatio

$$\text{WCratio}_f(\text{fck}, \text{Entrap})$$

$$\text{Entrap} = 1 \text{ (tanpa udara)}$$

$$x = \text{fck}$$

Menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{WCratio}_f(x,1) = -0.0000022*x^3 + 0.0003905*x^2 - 0.0308968*x + 1.1721429$$

$$\text{WCratio} = -0.0000022*(24)^3 + 0.0003905*(24)^2 - 0.0308968*(24) + 1.1721429 = 0.625$$

$$\text{WCratio} = 0.625$$

Pemaparan = ringan ..Esposure = 1(“ringan}), WCmax = 0

WCPratio = 0.625

Berat beton segar

Berat beton segar = WtFresh

Wt_Fresh(Entrap, AggMax)

Entrap = 1 (tanpa udara)

x = ukuran nominal agregat maximum = 37.5 mm

Menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Wt_Fresh(1,x) = + 0.0002168*x^3 - 0.0682651*x^2 + 7.4039187*x + 2223.7353854$$

$$WtFresh = + 0.0002168*(37.5)^3 - 0.0682651*(37.5)^2 + 7.4039187*(37.5) + 2223.7353854 = 2417 \text{ kg}$$

4.6.2.1. Berdasarkan berat

Berat Air = WtWater

Wt_Water(Slump, Entrap, AggMax)

Entrap = 1 (tanpa udara)

Slump = 3 = “75-100 (mm)”

x = ukuran nominal agregat maximum = 37.5 mm

Menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Wt_Water}(3,1,x) = -0.0000426*x^3 + 0.0162374*x^2 - 2.2785993*x + 244.2855808$$

$$\text{WtWater} = -0.0000426*(37.5)^3 + 0.0162374*(37.5)^2 - 2.2785993*(37.5) + 244.2855808 = 179 \text{ kg}$$

$$\text{WtFlyAsh} = (\text{Fw} / 100) * \text{WtWater} / \text{WCPratio}$$

$$\text{WtFlyAsh} = (0 / 100) * \text{WtWater} / \text{WCPratio} = 0$$

$$\text{WtCement} = (1 - 0 / 100) * \text{WtWater} / \text{WCPratio} = 1*179/0.625 = 286 \text{ kg}$$

$$\text{WtCoarse} = \text{DryRodCA} * [-0.1*FM + 0.0000007*x^3 - 0.0001985*x^2 + 0.0161494*x + 0.6382359]$$

$$x = \text{ukuran nominal agregat maximum} = 37.5 \text{ mm}$$

$$\text{WtCoarse} = 1600 * [-0.1*2.68 + 0.0000007*(37.5)^3 - 0.0001985*(37.5)^2 + 0.0161494*(37.5) + 0.6382359] = 1155 \text{ kg}$$

$$\text{WtFine} = \text{WtFresh} - (\text{WtWater} + \text{WtCement} + \text{WtFlyAsh} + \text{WtCoarse})$$

$$\text{WtFine} = 2417 - (179 + 286 + 0 + 1155) = 797 \text{ kg}$$

4.6.2.2. Berdasarkan Volume Absolut

$$\text{VolWater} = 179 / 1000 = 0.179 \text{ m}^3$$

$$\text{VolFlyAsh} = \text{Jika Fw} = 0, \text{ maka VolFlyAsh} = 0$$

$$\text{Fv} = \text{Jika Fw} = 0; \text{ maka Fv} = 0$$

$$\text{WCPvRatio} = \text{Gc} * \text{WCPratio} / (\text{Gc} * (1 - \text{Fv}) + \text{Gp} * \text{Fv})$$

$$\text{WCPvRatio} = 3.15 * 0.625 / (3.15 * (1 - 0) + 0 * 0) = 0.625 \text{ m}^3$$

$$\text{VolCement} = (1 - \text{Fw} / 100) * \text{WtWater} / (1000 * \text{Gc} * \text{WCPvRatio})$$

$$\text{VolCement} = (1 - 0 / 100) * 179 / (1000 * 3.15 * 0.625) = 0.091 \text{ m}^3$$

$$\text{VolCoarse} = \text{WtCoarse} / (1000 * \text{Gca})$$

$$\text{VolCoarse} = 1155 / (1000 * 2.68) = 0.431 \text{ m}^3$$

$$\text{VolUdara} = \text{AirContent} / 100 = 0.9 / 100 = 0.009 \text{ m}^3$$

$$\text{VolFine} = 1 - (\text{VolWater} + \text{VolCement} + \text{VolFlyAsh} + \text{VolCoarse} + \text{VolUdara})$$

$$\text{VolFine} = 1 - (0.179 + 0.091 + 0 + 0.431 + 0.009) = 0.290 \text{ m}^3$$

Berat material setiap m³ berdasarkan volume absolut dengan satuan kg:

$$\text{WtvWater} = 1000 * \text{VolWater} = 1000 * 0.179 = 179 \text{ kg}$$

$$\text{WtvFlyAsh} = 1000 * \text{Gp} * \text{VolFlyAsh} = 1000 * 0 = 0$$

$$\text{WtvCement} = 1000 * \text{Gc} * \text{VolCement} = 1000 * 3.15 * 0.091 = 287 \text{ kg}$$

$$\text{WtvCoarse} = 1000 * \text{Gca} * \text{VolCoarse} = 1000 * 2.68 * 0.431 = 1155 \text{ kg}$$

$$\text{WtvFine} = 1000 * \text{GFA} * \text{VolFine} = 1000 * 2.64 * 0.290 = 766 \text{ kg}$$

4.6.2.3. Koreksi berdasarkan berat

Berat material setiap m³ yang dikoreksi berdasarkan berat dengan satuan kg:

$$\begin{aligned} \text{WCorWater} &= \text{WtWater} - \text{WtCoarse} * (\text{MoisCA} - \text{AbsCA}) / 100 - \\ &\quad \text{WtFine} * (\text{MoisFA} - \text{AbsFA}) / 100 \end{aligned}$$

$$\text{WCorWater} = 179 - 1155 * (2 - 0.5) / 100 - 797 * (6 - 0.7) / 100 = 119 \text{ kg}$$

$$\text{WCorFlyAsh} = \text{WtFlyAsh}$$

$$\text{WCorFlyAsh} = 0$$

$$\text{WCorCement} = \text{WtCement}$$

$$\text{WCorCement} = 286 \text{ kg}$$

$$\text{WCorCoarse} = \text{WtCoarse} * (1 + \text{MoisCA} / 100)$$

$$\text{WCorCoarse} = 1155 * (1 + 2 / 100) = 1178 \text{ kg}$$

$$W_{\text{CorFine}} = W_{\text{tFine}} * (1 + \text{MoisFA} / 100)$$

$$W_{\text{CorFine}} = 797 * (1 + 6 / 100) = 845 \text{ kg}$$

4.6.2.4. Koreksi berdasarkan volume absolut

Berat material setiap m³ yang dikoreksi berdasarkan volume absolut dengan satuan kg:

$$W_{\text{vCorWater}} = W_{\text{tvWater}} - W_{\text{tvCoarse}} * (\text{MoisCA} - \text{AbsCA}) / 100 -$$

$$W_{\text{tvFine}} * (\text{MoisFA} - \text{AbsFA}) / 100$$

$$W_{\text{vCorWater}} = 179 - 1155 * (2 - 0.5) / 100 - 766 * (6 - 0.7) / 100 = 121 \text{ kg}$$

$$W_{\text{vCorFlyAsh}} = W_{\text{tFlyAsh}} = 0$$

$$W_{\text{vCorCement}} = W_{\text{tCement}} = 286 \text{ kg}$$

$$W_{\text{vCorCoarse}} = W_{\text{tvCoarse}} * (1 + \text{MoisCA} / 100)$$

$$W_{\text{vCorCoarse}} = 1155 * (1 + 2 / 100) = 1178 \text{ kg}$$

$$W_{\text{vCorFine}} = W_{\text{tvFine}} * (1 + \text{MoisFA} / 100)$$

$$W_{\text{vCorFine}} = 766 * (1 + 6 / 100) = 812 \text{ kg}$$

4.6.3. Menggunakan Fungsi EXCEL

Data :

$$f_{ck} = 24$$

$$\text{Slump} = 3 \text{ ("75-100 mm")}$$

$$F_w(\%) = 0$$

$$G_p = 0$$

$$G_c = 3.15$$

Entrap = 1 (“tanpa udara”)

Level = 0

Exposure = 1 (“ringan”)

Type = 0

Infl = 0

FM = 2.8

Gfa = 2.64

AbsFA = 0.7%

MoisFA = 6%

Gca = 2.68

AbsCA = 0.5%

DryRodCA = 1600

AggMax = 5 (“37.5 mm”)

MoisCA = 2%

Hasil Rancang Campur (fungsi Excel) adalah sebagai berikut:

Variabel

Kadar Udara (%) = AirContent

Water/cement rasio = WCratio

Water cement maximum =WCmax

Water/(cement+pozz) ratio=WCPratio

Berat Segar=WtFresh

Fungsi Excel

Kadar Udara (%) = Air_Content(Level, AggMax)

Water/cement rasio = $wcratio_ (fck, Entrap)$

Water cement maximum = $WC_max(Entrap, Exposure, Type, Infl)$

Water/(cement+pozz) ratio = $WCP_Ratio(WCratio, WCmax)$

Berat Segar = $Wt_Fresh(Entrap, AggMax)$

Hasil

Kadar Udara (%) = $Air_Content(0, 5) = 0.9$

Water/cement rasio = $wcratio_ (24, 1) = 0.625$

Water cement maximum = $WC_max(1, 1, 0, 0) = 0$

Water/(cement+pozz) ratio = $WCP_Ratio(0.625, 0) = 0.625$

Berat Segar = $Wt_Fresh(1, 5) = 2417$

Berdasarkan Berat

Variabel

Air

= $WtWater$

Fly Ash

= $WtFlyAsh$

Semen

= $WtCement$

Agregat Kasar (kering)

= $WtCoarse$

Agregat Halus (kering)

= $WtFine$

Fungsi Excel

Air = $Wt_Water(Slump, Entrap, AggMax)$

Fly Ash = $Wt_FlyAsh(Fw, WtWater, WCPratio)$

Semen = $Wt_Cement(Fw, WtWater, WCPratio)$

Agregat Kasar (kering) = $Wt_Coarse(FM, AggMax, DryRodCA)$

$$\text{Agregat Halus (kering)} = \text{Wt_Fine}(\text{FM}, \text{WtFresh}, \text{WtWater}, \text{WtCoarse}, \text{WCPratio})$$

Hasil

$$\text{Air} = \text{Wt_Water}(3, 1, 5) = \mathbf{179}$$

$$\text{Fly Ash} = \text{Wt_FlyAsh}(0, 179, 0.625) = \mathbf{0}$$

$$\text{Semen} = \text{Wt_Cement}(0, 179, 0.625) = \mathbf{286}$$

$$\text{Agregat Kasar (kering)} = \text{Wt_Coarse}(2.8, 5, 1600) = \mathbf{1135}$$

$$\text{Agregat Halus (kering)} = \text{Wt_Fine}(2.8, 2417, 179, 1135, 0.625) = \mathbf{817}$$

Berdasarkan Volume Absolut

Variabel

(Volume)

$$\text{Air} = \text{VolWater}$$

$$\text{Fly Ash} = \text{VolFlyAsh}$$

$$\text{Semen} = \text{VolCement}$$

$$\text{Agregat Kasar (kering)} = \text{VolCoarse}$$

$$\text{Agregat Halus (kering)} = \text{VolFine}$$

Fungsi Excel

$$\text{Air} = \text{Vol_Water}(\text{Slump}, \text{Entrap}, \text{AggMax})$$

$$\text{Fly Ash} = \text{Vol_FlyAsh}(\text{Fw}, \text{Gc}, \text{Gp}, \text{WtWater}, \text{WCPratio})$$

$$\text{Semen} = \text{Vol_Cement}(\text{Fw}, \text{Gc}, \text{Gp}, \text{WtWater}, \text{WCPratio})$$

$$\text{Agregat Kasar (kering)} = \text{Vol_Coarse}(\text{GCA}, \text{FM}, \text{AggMax}, \text{DryRodCA})$$

$$\text{Agregat Halus (kering)} = \text{Vol_Fine}(\text{AirContent}, \text{VolWater}, \text{VolCement}, \text{VolFlyAsh}, \text{VolCoarse})$$

$$\text{VKadar Udara} = \text{AirContent}/100$$

Hasil

$$\text{Air} = \text{Vol_Water}(3, 1, 5) = \mathbf{0.179}$$

$$\text{Fly Ash} = \text{Vol_FlyAsh}(0, 3.15, 0, 179, 0.625) = \mathbf{0}$$

$$\text{Semen} = \text{Vol_Cement}(0, 3.15, 0, 179, 0.625) = \mathbf{0.091}$$

$$\text{Agregat Kasar (kering)} = \text{Vol_Coarse}(2.68, 2.8, 5, 1600) = \mathbf{0.424}$$

$$\text{Agregat Halus (kering)} = \text{Vol_Fine}(0.9, 0.179, 0.091, 0, 0.424) = \mathbf{0.297}$$

$$\text{VKadar Udara} = \text{AirContent}/100 = \mathbf{0.009}$$

Berat material berdasarkan volume absolut adalah sebagai berikut:

Variabel

$$\text{Air} = \text{WtvWater}$$

$$\text{Fly Ash} = \text{WtvFlyAsh}$$

$$\text{Semen} = \text{WtvCement}$$

$$\text{Agregat Kasar (kering)} = \text{WtvCoarse}$$

$$\text{Agregat Halus (kering)} = \text{WtvFine}$$

Fungsi Excel

$$\text{Air} = \text{Wtv_Water}(1, \text{VolWater})$$

$$\text{Fly Ash} = \text{Wtv_FlyAsh}(\text{Gp}, \text{VolFlyAsh})$$

$$\text{Semen} = \text{Wtv_Cement}(\text{Gc}, \text{VolCement})$$

$$\text{Agregat Kasar (kering)} = \text{Wtv_Coarse}(\text{GCA}, \text{VolCoarse})$$

$$\text{Agregat Halus (kering)} = \text{Wtv_Fine}(\text{GFA}, \text{VolFine})$$

Hasil

Air	=	$Wtv_Water(1, 0.179) = 179$
Fly Ash	=	$Wtv_FlyAsh(0, 0) = 0$
Semen	=	$Wtv_Cement(3.15, 0.091) = 287$
Agregat Kasar (kering)	=	$Wtv_Coarse(2.68, 0.424) = 1136$
Agregat Halus (kering)	=	$Wtv_Fine(2.64, 0.297) = 784$

Koreksi berat akibat air adalah sebagai berikut:

Variabel

Air	=	$WtvWater$
Fly Ash	=	$WtvFlyAsh$
Semen	=	$WtvCement$
Agregat Kasar (basah)	=	$WtvCoarse$
Agregat Halus (basah)	=	$WtvFine$

Fungsi Excel

Air	=	$Wtv_Water(1, VolWater)$
Fly Ash	=	$Wtv_FlyAsh(Gp, VolFlyAsh)$
Semen	=	$Wtv_Cement(Gc, VolCement)$
Agregat Kasar (basah)	=	$Wtv_Coarse(GCA, VolCoarse)$
Agregat Halus (basah)	=	$Wtv_Fine(GFA, VolFine)$

Hasil

Air	=	$Wtv_Water(1, 0.179) = 119$
Fly Ash	=	$Wtv_FlyAsh(0, 0) = 0$
Semen	=	$Wtv_Cement(3.15, 0.091) = 286$

$$\text{Agregat Kasar (basah)} = W_{tv_Coarse}(2.68, 0.424) = \mathbf{1158}$$

$$\text{Agregat Halus (basah)} = W_{tv_Fine}(2.64, 0.297) = \mathbf{866}$$

Koreksi berat berdasarkan volume absolut akibat air adalah sebagai berikut:

Variabel

$$\text{Air} = W_{vCorWater}$$

$$\text{Fly Ash} = W_{vCorFlyAsh}$$

$$\text{Semen} = W_{vCorCement}$$

$$\text{Agregat Kasar (basah)} = W_{vCorCoarse}$$

$$\text{Agregat Halus (basah)} = W_{vCorFine}$$

Fungsi Excel

$$\text{Air} = W_{vCor_Water}(W_{tvWater}, W_{tvCoarse}, W_{tvFine}, \text{MoisCA}, \text{MoisFA}, \text{AbsCA}, \text{AbsFA})$$

$$\text{Fly Ash} = W_{vCor_FlyAsh}(W_{tvFlyAsh})$$

$$\text{Semen} = W_{vCor_Cement}(W_{tvCement})$$

$$\text{Agregat Kasar (basah)} = W_{vCor_Coarse}(W_{tvCoarse}, \text{MoisCA})$$

$$\text{Agregat Halus (basah)} = W_{vCor_Fine}(W_{tvFine}, \text{MoisFA})$$

Hasil

$$\begin{aligned} \text{Air} &= W_{vCor_Water}(119, 1158, 866, 2, 6, 0.5, 0.7) \\ &= \mathbf{120} \end{aligned}$$

$$\text{Fly Ash} = W_{vCor_FlyAsh}(0) = \mathbf{0}$$

$$\text{Semen} = W_{vCor_Cement}(286) = \mathbf{287}$$

$$\text{Agregat Kasar (basah)} = W_{vCor_Coarse}(1158, 2) = \mathbf{1159}$$

$$\text{Agregat Halus (basah)} = W_{vCor_Fine}(866, 6) = \mathbf{831}$$

4.7. Perbandingan Hasil

Berdasarkan Berat

Hasil perhitungan berdasarkan berat yang menggunakan tabel SNI dengan perhitungan manual dan hasil yang menggunakan persamaan polinomial dengan macro Excel untuk mutu beton 24 MPa dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4. 7. Perbandingan Hasil Perhitungan Berdasarkan Berat.

Berat Material	SNI	Formula/Excel
Air	181	179
Fly Ash	0	0
Semen	292	286
Agregat Kasar (kering)	1136	1155
Agregat Halus (kering)	801	797
Total	2410	2417

Berdasarkan Volume Absolut

Hasil perhitungan berdasarkan volume absolut yang menggunakan tabel SNI dengan perhitungan manual dan hasil yang menggunakan persamaan polinomial dengan macro Excel untuk mutu beton 24 MPa dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4. 8. Perbandingan Hasil Perhitungan Berdasarkan Volume Absolut.

Volume Material	SNI	Formula/Excel
Air	0.181	0.179
Fly Ash	0.000	0.000
Semen	0.093	0.091
Agregat Kasar (kering)	0.424	0.431
Agregat Halus (kering)	0.292	0.290
Kadar Udara	0.010	0.009
Total	1	1

Berat Berdasarkan Volume Absolut

Hasil perhitungan berat berdasarkan volume absolut yang menggunakan tabel SNI dengan perhitungan manual dan hasil yang menggunakan persamaan polinomial dengan macro Excel untuk mutu beton 24 MPa dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4. 9. Perbandingan Hasil Perhitungan Berat Berdasarkan Volume Absolut.

Berat Material	SNI	Formula/Excel
Air	181	179
Fly Ash	0	0
Semen	292	287
Agregat Kasar (kering)	1136	1155
Agregat Halus (kering)	771	766
Total	2380	2387

Koreksi Berdasarkan Berat

Hasil koreksi perhitungan berdasarkan berat yang menggunakan tabel SNI dengan perhitungan manual dan hasil yang menggunakan persamaan polinomial dengan macro Excel untuk mutu beton 24 MPa dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4. 10. Perbandingan Hasil Koreksi Perhitungan Berdasarkan Berat.

Berat Material	SNI	Formula/Excel
Air	122	119
Fly Ash	0	0
Semen	292	286
Agregat Kasar (basah)	1159	1178
Agregat Halus (basah)	849	845
Total	2422	2428

Koreksi Berat Berdasarkan Volume Absolut

Hasil koreksi perhitungan berat berdasarkan volume absolut yang menggunakan tabel SNI dengan perhitungan manual dan hasil yang menggunakan persamaan polinomial dengan macro Excel untuk mutu beton 24 MPa dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4. 11. Perbandingan Hasil Koreksi Perhitungan Berat Berdasarkan Volume Absolut.

Berat Material (akibat Volume	SNI	Formula/Excel
Air	123	121
Fly Ash	0	0
Semen	292	287
Agregat Kasar (basah)	1159	1178
Agregat Halus (basah)	817	812
Total	2391	2398

4.8. Contoh Lain

Contoh lain diambil perhitungan dengan variasi menggunakan *flyash*, pada kondisi pemaparan berat, dan beton dengan tambahan udara.

Diketahui

Beton dibutuhkan untuk dermaga jembatan berat yang akan terpapar pada air tawar dalam lingkungan iklim yang sangat buruk.

Kuat tekan rata-rata (28 hari) (f_{ck}) = 20 MPa

Slump = 25-50 mm

Nominal agregat maximum ($AggMax$) = 25 mm

Berat kering agregat kasar ($DryRodCA$) = 1522 kg/m³

Kadar udara = 6%

Berat jenis semen (G_c) = 3.15

Persentase pozolan (F_w) = 20%

Berat jenis pozzolan (Gp) = 2.4

Agregat kasar

Berat Jenis (SSD), (GCA) = 2.68

Penyerapan air (AbsCA) = 0.5%

Kelembaban (MoisCA) = 3%

Agregat Halus

Modulus kehalusan (FM) = 2.8

Berat Jenis (SSD), (GFA) = 2.64

Penyerapan air (%), (AbsFA) = 0.7 %

Kelembaban (MoisFA) = 5%

Ditanya : Berat Material berdasarkan berat dan berdasarkan Volume Absolut

4.8.1. Berdasarkan SNI 7656 : 2012

- 1) Slump = 75-100 mm
- 2) AggMax = 25 mm
- 3) Tabel 2, Beton dengan tambahan udara ;
 Air pencampur = 160 kg/m³
 Kadar udara pemaparan berat = 6%
- 4) Tabel 3, untuk beton dengan udara pada fck = 20 MPa
 Rasio air semen dan pozzolan (w/c+p), untuk fck = 20 MPa,
 w/(c+p) = 0.6
- 5) Tabel 4, untuk maksimum rasio w/(c+p) yang diijinkan untuk beton
 untuk dermaga jembatan dengan pemaparan basah,
 w/(c+p) = 0.5
 Rasio w/(c+p) digunakan yang maksimum = 0.5

- 6) Kadar semen dan pozolan [dari 3) dan 5)] = $160/0.5 = 320 \text{ kg/m}^3$
- 7) Berat pozolan = $(0.2) * 320 = 64 \text{ kg}$
- 8) Maka berat semen = $320 - 64 = 256 \text{ kg}$
- 9) Tabel 5, perkiraan Agregat kasar , dengan Modulus kehalusan = 2.8,
 Didapatkan nilai 0.67 m^3 ,
 Jadi berat kering Agregat kasar = $0.67 * \text{DryRodCA} = 0.67*1522 =$
 1020 kg .

10) Berdasarkan berat

Tabel 6, perkiraan berat beton segar dengan tambahan udara dengan ukuran agregat 25 mm

	Beton segar =	2290 kg	
11) Air	=	160 kg	(langkah 3)
Pozolan	=	64 kg	(langkah 7)
Semen	=	256 kg	(langkah 8)
Agregat kasar	=	1020 kg	(langkah 9)
Total	=	$160 + 64 + 256 + 1020$	$= 1500 \text{ kg}$
Berat total	=	2290 kg	(langkah 11)
Agregat halus	=	$2290 - 1609$	$= 790 \text{ kg}$

12) Rasio berat, ekivalensi volume absolut

$$WCP_v = \frac{G_c \times WCP}{G_c \times (1 - F_v) + (G_p \times F_v)}$$

Maka rasio menjadi = 0.53

13) Berdasarkan volume absolut

$$\text{Vol air} = 160/1000 = 0.16 \text{ m}^3$$

$$\text{Berat Vol semen} = 160 * 0.8 / 0.53 = 241.51 \text{ kg}$$

$$\text{Vol semen} = 241.51 / (3.15*1000) = 0.077 \text{ m}^3$$

$$\text{Berat Vol pozzolan} = 160 * 0.2 / 0.53 = 60.38 \text{ kg}$$

$$\text{Vol pozzolan} = 60.38 / (2.4*1000) = 0.025 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol agg kasar} = 1020 / (2.68*1000) = 0.381 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol udara} = 0.06*1 = 0.060 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol total (tanpa agregat halus)} = 0.703 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol agregat halus} = 1 - 0.703 = 0.297 \text{ m}^3$$

$$\text{Berat agregat halus} = 0.297 * 2.64*1000 = 784.08 \text{ kg}$$

14) Perbandingan berat campuran

Tabel 4. 12 Perbandingan Hasil Perhitungan Berat Dengan Perhitungan Berat Volume Absolut Dari Tabel SNI 7656 – 2012

Material	Berat (kg)	Berat Volume (kg)
Air	160	160
Semen	256	241.51
Pozolan	64	60.38
Agregat kasar (kering)	1020	1020
Agregat halus (kering)	790	784.08
Total	2290	2265.97

15) Koreksi terhadap kandungan air

Kadar kelembaban air pada agregat kasar = 3% (diketahui)

Kadar kelembaban air pada agregat halus = 5% (diketahui)

Absorsi agregat kasar = 0.5 % (diketahui)

Absorsi agregat halus = 0.7 % (diketahui)

Air yang diserap tidak menjadi bagian dari air pencampur dan harus dikeluarkan dari penyesuaian dalam air yang ditambahkan, jadi air pada permukaan dari agregat kasar menjadi $= 3\% - 0.5\% = 2.5\%$
 Agregat halus menjadi $= 5\% - 0.7\% = 4.3\%$

Berdasarkan Berat

$$\text{Agregat kasar (basah)} = 1020 (1 + 0.03) = 1051 \text{ kg}$$

$$\text{Agregat halus (basah)} = 790 (1 + 0.05) = 830 \text{ kg}$$

$$\text{Jadi kebutuhan air} = 160 - 1020 (0.025) - 790(0.043) = 100.53 \text{ kg}$$

Perkiraan akibat berat dengan koreksi menjadi

$$\text{Air} = 100.53 \text{ kg}$$

$$\text{Semen} = 256 \text{ kg}$$

$$\text{Pozol} = 64 \text{ kg}$$

$$\text{Agregat kasar (basah)} = 1051 \text{ kg}$$

$$\text{Agregat halus (basah)} = 830 \text{ kg}$$

$$\text{Total} = 2301.53 \text{ kg}$$

Berdasarkan Volume

$$\text{Agregat kasar (basah)} = 1020 (1 + 0.03) = 1051 \text{ kg}$$

$$\text{Agregat halus (basah)} = 784.08 (1 + 0.05) = 823.28 \text{ kg}$$

$$\text{Jadi kebutuhan air} = 160 - 1020 (0.025) - 784.08(0.043) = 100.78 \text{ kg}$$

Perkiraan akibat berat dengan koreksi menjadi

$$\text{Air} = 100.78 \text{ kg}$$

$$\text{Semen} = 241.51 \text{ kg}$$

$$\text{Pozol} = 60.38 \text{ kg}$$

$$\text{Agregat kasar (basah)} = 1051 \text{ kg}$$

Agregat halus (basah)	=	823.28	kg
Total	=	2276.95	kg

16) Perbandingan berat campuran setelah dikoreksi

Tabel 4. 13. Perbandingan Hasil Perhitungan Berat Dengan Perhitungan Berat Volume Absolut Dari Tabel SNI 7656 – 2012 Setelah Dikoreksi

Material	Berat (kg)	Berat Volume (kg)
Air	100.53	100.78
Semen	256	241.51
Pozolan	64	60.38
Agregat kasar (basah)	1051	1051
Agregat halus (basah)	830	823.28
Total	2302	2276.95

4.8.2. Menggunakan Excel

Berdasarkan Berat

Hasil perhitungan berdasarkan berat yang menggunakan persamaan polinomial dengan macro Excel untuk mutu beton 20 MPa dapat dilihat pada Tabel 4.14.

Tabel 4. 14. Hasil Perhitungan Berdasarkan Berat.

Material	Berat (kg)
Air	162
Fly Ash	65
Semen	259
Agregat Kasar (kering)	1020
Agregat Halus (kering)	777
Total	2283

Berdasarkan Volume Absolut

Hasil perhitungan berdasarkan volume absolut yang menggunakan persamaan polinomial dengan macro Excel untuk mutu beton 20 MPa dapat dilihat pada Tabel 4.15.

Tabel 4. 15. Hasil Perhitungan Berdasarkan Volume Absolut.

Material	Volume (m ³)
Air	0.162
Fly Ash	0.025
Semen	0.077
Agregat Kasar (kering)	0.381
Agregat Halus (kering)	0.295
Kadar Udara	0.06
Total	1

Berat Material Berdasarkan Volume Absolut

Hasil perhitungan berat berdasarkan volume absolut yang menggunakan persamaan polinomial dengan macro Excel untuk mutu beton 20 MPa dapat dilihat pada Tabel 4.16.

Tabel 4. 16. Hasil Perhitungan Berat Material Berdasarkan Volume Absolut.

Material	Berat (kg)
Air	162
Fly Ash	60
Semen	243
Agregat Kasar (kering)	1021
Agregat Halus (kering)	779
Total	2265

Koreksi Berdasarkan Berat

Hasil koreksi perhitungan berdasarkan berat yang menggunakan persamaan polinomial dengan macro Excel untuk mutu beton 20 MPa dapat dilihat pada Tabel 4.17.

Tabel 4. 17. Hasil Koreksi Perhitungan Terhadap Berat.

Material	Berat (kg)
Air	103
Fly Ash	65
Semen	259
Agregat Kasar (kering)	1051
Agregat Halus (kering)	816
Total	2294

Koreksi Berdasarkan Volume Absolut

Hasil koreksi perhitungan berdasarkan volume absolut yang menggunakan persamaan polinomial dengan macro Excel untuk mutu beton 20 MPa dapat dilihat pada Tabel 4.18.

Tabel 4. 18. Hasil Koreksi Perhitungan Berat Berdasarkan Volume Absolut.

Material	Berat (kg)
Air	103
Fly Ash	60
Semen	243
Agregat Kasar (kering)	1052
Agregat Halus (kering)	818
Total	2276