

**ANALISIS PENGARUH CAMPURAN LATEKS
PADA ASPHALT CONCRETE – BINDER COURSE
DENGAN PENGUJIAN MARSHALL**

SKRIPSI



**OLEH
HARIS FIRDAUS
NPM. 16510037**

**TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH METRO
2022**



**ANALISIS PENGARUH CAMPURAN LATEKS
PADA ASPHALT CONCRETE – BINDER COURSE
DENGAN PENGUJIAN MARSHALL**

**SKRIPSI
Diajukan
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan
Dalam Menyelesaikan Program Sarjana**

**OLEH
HARIS FIRDAUS
NPM. 16510037**

**TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH METRO
2022**

ABSTRAK

Haris Firdaus. 2022. *Analisis Pengaruh Campuran Lateks Pada Asphalt Concrete – Binder Course (AC-BC) Dengan Pengujian Marshall*. Skripsi. Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik. Universitas Muhammadiyah Metro. Pembimbing (1) Leni Sriharyani, S.T., M.T. (2) Ir. Ida Hadijah, M.T.

Nilai uji *marshall* campuran aspal beton menggunakan lateks dan tanpa lateks pada campuran *Asphalt Concrete – Binder Course (AC-BC)* berdasarkan spesifikasi binamarga (2010). Campuran *Asphalt Concrete – Binder Course (AC-BC)* menggunakan lateks pada kadar 11% dan 13% memenuhi spesifikasi binamarga (2010). Tujuan dari penelitian analisis pengaruh campuran lateks pada *Asphalt Concrete – Binder Course (AC-BC)* dengan pengujian *marshall* untuk mengetahui hasil karakteristik *marshall* perkerasan AC-BC *Asphalt Concrete – Binder Course* campuran lateks, Spesifikasi Umum Binamarga (2010). Metode yang dilakukan dalam penelitian ini adalah metode desain empiris secara eksperimen yaitu metode yang dilakukan dengan mengadakan kegiatan percobaan untuk mendapatkan data. Pada penelitian yang telah dilakukan dilaboratorium untuk dapat mengetahui hasil dari analisis pengaruh campuran lateks pada *asphalt concrete – binder course (AC-BC)* dengan pengujian *marshall*, serta menggunakan kadar aspal yang berbeda, yaitu : 4%, 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, dan kadar lateks 0%, 4%, 7%, 10%, 11%, 13%. Hasil dari keseluruhan perhitungan bahwa pengujian analisis pengaruh campuran lateks pada *Asphalt Concrete – Binder Course (AC-BC)* yaitu, untuk kadar lateks 11% menghasilkan kadar aspal optimum pada aspal 4,5%, 5%, 5,5%, untuk kadar lateks 13% menghasilkan kadar aspal optimum pada aspal 4,5%, sedangkan untuk kadar lateks 4%, 7%, 10% tidak memenuhi spesifikasi binamarga (2010).

Kata Kunci : Aspal Campuran Lateks, Campuran Aspal Panas (AC-BC).

ABSTRACT

Haris Firdaus. 2022. *Analysis of the Effect of Latex Mixture on Asphalt Concrete – Binder Course (AC-BC) With Marshall Testing*. Thesis. of Civil Engineering Study Program, Faculty of Engineering. Muhammadiyah Metro University. Supervisor (1) Leni Sriharyani, S.T., M.T. (2) Ir. Ida Hadijah, M.T.

The marshall test value for asphalt-concrete mixtures using latex and without latex in the Asphalt Concrete – Binder Course (AC-BC) mixture is based on the Binamarga specification (2010). Asphalt Concrete – Binder Course (AC-BC) mixture uses latex at a content of 11% and 13% meets the specifications of Binamarga (2010). The purpose of this research is to analyze the effect of latex mixture on the Asphalt Concrete – Binder Course (AC-BC) with marshall testing to determine the results of the marshall characteristics of the AC-BC Asphalt Concrete – Binder Course latex mixture, General Specifications of Binamarga (2010). The method used in this study is an experimental empirical design method, namely the method carried out by conducting experimental activities to obtain data. In the research that has been carried out in the laboratory to be able to find out the results of the analysis of the effect of latex mixture on asphalt concrete - binder course (AC-BC) with marshall testing, and using different asphalt content, namely: 4%, 4.5%, 5%, 5.5%, 6%, 6.5%, and latex content of 0%, 4%, 7%, 10%, 11%, 13%. The result of the whole calculation is that the analysis test of the influence of latex mixture on the Asphalt Concrete – Binder Course (AC-BC), that is, for the latex content of 11% produces the optimum asphalt content of 4.5%, 5%, 5.5%, for the latex content. 13% produces an optimum asphalt content of 4.5% asphalt, while the latex content of 4%, 7%, 10% does not meet the specifications of Binamarga (2010).

Keywords : Hot Mix Asphalt (AC-BC), Latex Mix Asphalt.

RINGKASAN

Haris Firdaus. 2022. *Analisis Pengaruh Campuran Lateks Pada Asphalt Concrete – Binder Course (AC-BC) Dengan Pengujian Marshall*. Skripsi. Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik. Universitas Muhammadiyah Metro. Pembimbing (1) Leni Sriharyani, S.T., M.T. (2) Ir. Ida Hadijah, M.T.

Kata Kunci : Job Mix Formula (JMF), Lapisan Aspal Beton AC-BC, Uji *Marshall*.

Kerusakan jalan di Indonesia sering sekali terjadi, bahkan kerusakan terjadi sebelum jalan tersebut mencapai umur rencana yang telah ditetapkan. Ditambah lagi dengan kondisi iklim tropis di Indonesia yang berubah-ubah sehingga menjadi salah satu penyebab terjadinya kerusakan pada lapisan perkerasan. Dengan kondisi iklim dan kondisi perkerasan jalan di Indonesia tersebut sangat diperlukan bahan pengikat yang bersifat keras, titik leleh tinggi, elastis, pelekatan yang baik dan tahan lama. Untuk meningkatkan mutu aspal tersebut maka perlu penambahan zat aditif lain.

Pada penelitian ini bertujuan untuk menganalisis apakah pengaruh campuran *lateks* terhadap nilai uji *marshall* campuran AC-BC (*Asphalt Concrete – Binder Course*), dan untuk mengetahui hasil karakteristik *marshall* perkerasan AC-BC (*Asphalt Concrete – Binder Course*) campuran *lateks* apakah sesuai spesifikasi umum bina marga, (2010), dan juga untuk mengetahui pemanfaatan *lateks* sebagai bahan campuran perkerasan AC-BC (*Asphalt Concrete – Binder Course*).

Jenis penelitian ini menggunakan metode desain empiris secara eksperimen yaitu metode yang dilakukan dengan mengadakan kegiatan percobaan untuk mendapatkan data, data tersebut diolah untuk mendapatkan suatu hasil perbandingan dengan syarat-syarat yang ada, penyelidikan eksperimen dapat dilakukan didalam maupun diluar laboratorium. Dalam penelitian ini menganalisis pengaruh campuran *lateks* pada asphalt concrete – binder course dengan komposisi yang berbeda sesuai dengan perhitungan hasil gradasi dan menggunakan kadar aspal 4%, 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, kadar *lateks* 0%, 4%, 7%, 10%, 11%, 13%.

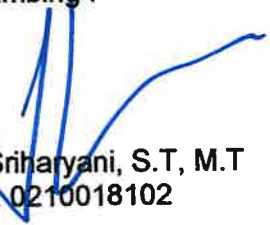
Dari hasil pengujian analisis pengaruh campuran *lateks* pada Asphalt Concrete – Binder Course (AC-BC) yaitu, untuk kadar *lateks* 11% menghasilkan kadar aspal optimum pada aspal 4,5%, 5%, 5,5% memenuhi spesifikasi binamarga (2010), untuk kadar *lateks* 13% menghasilkan kadar aspal optimum pada aspal 4,5% memenuhi spesifikasi binamarga (2010), sedangkan untuk kadar *lateks* 4%, 7%, 10% tidak memenuhi spesifikasi binamarga (2010).

PERSETUJUAN

Skripsi oleh **HARIS FIRDAUS** ini,
Telah diperbaiki dan disetujui untuk diuji

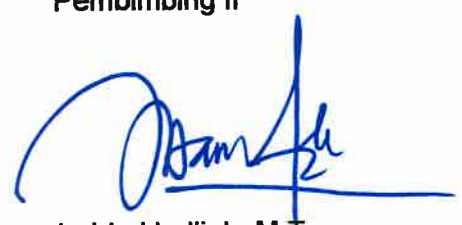
Metro, 10 Agustus 2022

Pembimbing I



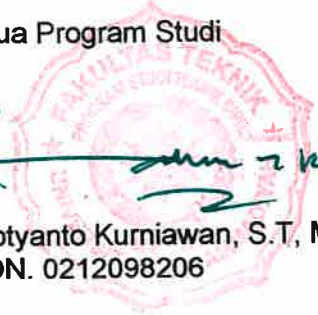
Leni Sriharyani, S.T, M.T
NIDN. 0210018102

Pembimbing II



Ir. Ida Hadijah, M.T
NIDN. 0206026601

Ketua Program Studi



Septyanto Kurniawan, S.T, M.T
NIDN. 0212098206

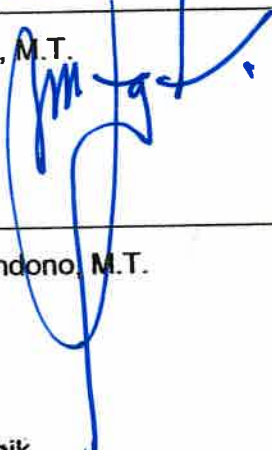
PENGESAHAN

Skripsi oleh **HARIS FIRDAUS** ini,
Telah dipertahankan di depan Tim Penguji
Pada tanggal 12 Agustus 2022

Tim Penguji


_____, Penguji I
Leni Sriharyani, S.T, M.T.


_____, Penguji II
Ir. Ida Hadijah, M.T.


_____, Penguji Utama
Ir. Agus Surandono, M.T.

Mengetahui
Fakultas Teknik
Dekan,




Dr. Dadang Iskandar, ST, M.T.
NIDN. 0207027201

MOTTO

يَرْفَعُ اللَّهُ الَّذِينَ آمَنُوا مِنْكُمْ وَالَّذِينَ
أُوتُوا الْعِلْمَ دَرَجَاتٍ ۚ وَاللَّهُ بِمَا تَعْمَلُونَ خَبِيرٌ

Artinya: “Niscaya Allah akan meninggikan orang-orang beriman di antaramu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat.”

(Q.S.Al- Mujadilah:11)

Berdoa dan berusaha, selalu bermanfaat untuk orang lain.

(HARIS FIRDAUS)

PERSEMBAHAN

Rasa syukur kepada Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan tepat waktu. Skripsi ini kupersembahkan kepada:

1. Teristimewa ku persembahkan kepada orang tuaku tercinta dan tersayang yang telah mendidik, merawat dan menyayangiku dengan penuh kasih sayang yang tidak akan terganti, senantiasa memberi keteduhan dalam hidupku dan tidak henti-hentinya selalu memberikan do'a serta dukungan tanpa lelah demi keberhasilan studiku.
2. Bapak Ibu Dosen Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Metro
3. Sahabatku angkatan 2016, Edy Prasetyo, Galih Gumelar, Egi Ardiansyah, Bayu Setyo Prayogi, Risqi Akbar Al-Ghani, Misbahul Munir, Andre Kurniawan, Iqbal Khamdani, Yuda Yureza, Habib Trianggoro, Arif Ramadhan, Farid Khozi Hanafi, Alpian, Bisma Tetasi Admaja, Robby Hermawan, Aswad Anwar, Pria Bagus Sawang Wibisana, M. Suparman.
4. Kekasih tercinta Anggi Saputri.

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **Analisis Pengaruh Campuran Lateks Pada Asphalt Concrete – Binder Course Dengan Pengujian Marshall**. Shalawat serta Salam disampaikan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW, semoga mendapatkan syafa'at-Nya di hari akhir nanti.

Penyelesaian skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, dukungan, dan kerja sama dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Drs. H. Jazim Ahmad, M.Pd. Rektor Universitas Muhammadiyah Metro.
2. Bapak Dr. Dadang Iskandar S.T, M.T. Selaku Dekan Fakultas Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Metro.
3. Bapak Septyanto Kuriawan, S.T, M.T. Selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Metro.
4. Ibu Leni Sriharyani S.T, M.T. Selaku Pembimbing I yang telah memberikan arahan dan bimbingan selama menyusun skripsi ini.
5. Ibu Ir. Ida Hadijah M.T. Selaku Pembimbing II yang telah memberikan arahan dan bimbingan selama menyusun skripsi ini.
6. Bapak dan Ibu dosen Fakultas Teknik, yang telah memberikan bimbingan dan ilmu kepada penulis menempuh pendidikan.
7. Kepada orang tua penulis yang telah memberi dukungan dan do'a untuk kesuksesan penulis menyelesaikan skripsi ini.
8. Seluruh rekan-rekan Fakultas teknik angkatan 2016 yang telah berjuang bersama selama kuliah.

Penulis berharap semoga skripsi ini akan membawa manfaat yang sebesar-besarnya khususnya bagi penulis dan bagi pembaca pada umumnya.

Metro, 31 Mei 2022



HARIS FIRDAUS

NPM. 16510037

PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Haris Firdaus
Npm : 16510037
Program Study : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik Universitas Muhammadiyah Metro
Judul : Analisis Pengaruh Campuran Lateks Pada Asphalt
Concrete – Binder Course Dengan Pengujian *Marshall*

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini benar-benar karya saya sendiri, dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam skripsi ini sebagaimana disebutkan dalam daftar literatur.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya dan apabila ternyata saya tidak menepatinya, maka ijazah dan surat keterangan lulus tidak dapat diterbitkan serta bersedia menerima sanksi universitas.

Metro, 31 Mei 2022

Yang membuat pernyataan,



Haris Firdaus

NPM. 16510037



PUBLIKASI ILMIAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH
METRO



SURAT KETERANGAN **UJI KESAMAAN (SIMILARITY CHECK)**

Nomor: 2704/II.3.AU/F/UPI-UK/2022

Unit Publikasi Ilmiah Universitas Muhammadiyah Metro dengan ini menerangkan bahwa:

Nama : **HARIS FIRDAUS**
NPM : **16510037**
Jenis Dokumen : **SKRIPSI**

JUDUL:

**ANALISIS PENGARUH CAMPURAN LATEKS PADA ASPHALT
CONCRETE - BINDER COURSE DENGAN PENGUJIAN
MARSHALL**

Telah dilakukan validasi berupa Uji Kesamaan (*Similarity Check*) dengan menggunakan aplikasi *Turnitin*. Dokumen telah diperiksa dan dinyatakan telah memenuhi syarat bebas uji kesamaan (*similarity check*) dengan persentase $\leq 20\%$. Hasil pemeriksaan uji kesamaan terlampir.

Demikian kami sampaikan untuk digunakan sebagaimana mestinya.



Metro, 07 Juli 2022
Kepala Unit,

Dr. Arif Rahman Aththibby, M.Pd.Si.
NIDN. 0203128801

DAFTAR ISI

HALAMAN COVER	i
HALAMAN LOGO.....	iii
HALAMAN JUDUL	iii
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT	v
RINGKASAN	vi
PERSETUJUAN.....	vii
PENGESAHAN	viii
MOTTO	ix
PERSEMBAHAN	x
KATA PENGANTAR.....	xi
PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT	xii
SURAT KETERANGAN UJI KESAMAAN (<i>SIMILARITY CHECK</i>).....	xiii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR NOTASI DAN ISTILAH.....	xviii
LAMPIRAN	xx
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Rumusan Masalah.....	2
C. Tujuan Penelitian	2
D. Kegunaan Penelitian.....	2
E. Ruang Lingkup Penelitian	2
BAB II KAJIAN LITERATUR	3
A. Kajian Literatur Yang Mendukung Variabel Terikat dan Bebas	3
B. Penelitian Relevan.....	29
C. Kerangka Pemikiran	31
BAB II METODE PENELITIAN	33
A. Desain Penelitian.....	33
B. Tahapan Penelitian.....	34
1. Teknik Sampling	34
2. Tahapan	34

C. Devinisi Overasional Variabel	39
D. Teknik Pengumpulan Data	40
E. Instrumen Penelitian	40
F. Teknik Analisis Data	41
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	43
A. Gambaran Umum	43
B. Hasil Penelitian	43
1. Deskripsi Data	43
2. Analisis Data.....	43
B. Pembahasan	43
BAB V PENUTUP	65
A. Simpulan	65
B. Saran.....	65
DAFTAR LITERATUR	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Perkerasan Kaku.....	4
2. Perkerasan Lentur.....	4
3. Perkerasan Komposit.....	5
4. Zat yang Terkandung Dalam Lateks.....	26
5. Bagan Alir Penelitian.....	33
6. Hasil gradasi gabungan.....	45
7. Perbandingan VMA.....	50
8. Perbandingan VIM.....	52
9. Perbandingan VFA.....	53
10. Perbandingan <i>Flow</i>	54
11. Perbandingan Stabilitas Perbandingan <i>Flow</i>	55
12. Perbandingan MQ.....	57
13. Kadar Aspal Optimum (KAO) pada campuran lateks 11%.	57
14. Kadar Aspal Optimum (KAO) pada campuran lateks 13%.	58

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Ketentuan sifat-sifat campuran laston AC-BC	13
2. Tebal Nominal Minimum Campuran Beraspal	14
3. Persyaratan Untuk Agregat Kasar	17
4. Persyaratan Untuk Agregat Halus	17
5. Gradasi Agregat Untuk Campuran AC-BC	18
6. Rencana Kebutuhan Benda Uji Campuran Lateks 0%	36
7. Rencana Kebutuhan Benda Uji Campuran Lateks 4%	36
8. Rencana Kebutuhan Benda Uji Campuran Lateks 7%	37
9. Rencana Kebutuhan Benda Uji Campuran Lateks 10%	37
10. Rencana Kebutuhan Benda Uji Campuran Lateks 11%	37
11. Rencana Kebutuhan Benda Uji Campuran Lateks 13%	38
12. Hasil Penelitian Sifat Fisik Agregat.....	43
13. Hasil Penelitian Sifat Fisik Aspal Shell Pen 60/70	44
14. Hasil pengujian lateks 0% untuk campuran (AC-BC).....	59
15. Hasil pengujian lateks 4% untuk campuran (AC-BC).....	60
16. Hasil pengujian lateks 7% untuk campuran (AC-BC).....	61
17. Hasil pengujian lateks 10% untuk campuran (AC-BC).....	62
18. Hasil pengujian lateks 11% untuk campuran (AC-BC).....	62
19. Hasil pengujian lateks 13% untuk campuran (AC-BC).....	63
20. Hasil pengujian memenuhi karakteristik marshall lateks 11%.....	65
21. Hasil pengujian memenuhi karakteristik marshall lateks 13%.....	65

DAFTAR NOTASI DAN ISTILAH

AC	: <i>Asphalt Concrete</i> (Lapis Aspal Beton, Laston)
AC-Base	: <i>Asphalt Concrete-Base</i> , Laston sebagai lapis pondasi
AC-BC	: <i>Asphalt Concrete-Binder Course</i> , Laston sebagai pengikat
Agregat	: Formasi kulit bumi yang keras dan padat, Batu
Aspal	: Material perekat (Cementitious)
Lateks	: Karet alam
AMP	: <i>Asphalt Mixing Plant</i> (Instalasi pencampuran beton aspal)
APP	: <i>Apparent</i>
ASTM	: <i>American Standard Testing and Material</i>
B	: Berat <i>picnometer</i> diisi air suhu 25°C
BA	: Berat benda uji didalam air (gr)
B _a	: Berat campuran padat di dalam air (gr)
BJ	: Berat benda uji kering permukaan jenuh (SSD), (gr)
BK	: Berat benda uji kering oven, (gr)
B _{ssd}	: Berat kering permukaan dari campuran setelah pemadatan (gr)
B _{ssd} – B _a	: Volume <i>bulk</i> dari campuran yang telah dipadatkan, jika berat jenis air diasumsikan = 1
Bt	: Berat <i>picnometer</i> + benda uji SSD + air suhu 25°C
Gse	: Berat jenis efektif/ <i>efektive spesific gravity</i> , (gr/cm ³)
Gmm	: Berat jenis campuran maksimum teoritis setelah pemadatan
Pmm	: Persen berat total campuran (%)
Pb	: Persentase kadar aspal terhadap total campuran, (%)
Gb	: Berat jenis aspal
Gmm	: Berat jenis maksimum campuran, (gr/cm ³)
Ps	: Kadar agregat, persen terhadap berat total campuran, (%)
Gmb	: Berat jenis <i>bulk</i> campuran setelah pemadatan (gr/cm ³)
Gradasi	: Susunan butiran agregat sesuai ukuranya
Gsb	: Berat jenis <i>Bulk</i> agregat (gr/cm ³)
Gse	: Berat jenis efektif/ <i>efektive specific gravity</i> (gr/cm ³)
K	: Konstanta (Kira-kira 0,5-1,0)
Kelelehan	: Nilai <i>Flow</i> yang diperoleh dari pengujian <i>marshall</i>

Laston	: Lapisan aspal beton
MF	: <i>Flow Marshall</i> (mm)
MQ	: <i>Marshall Quotient</i> (kg/mm)
MS	: <i>Marshall Stability</i> (kg)
P	: Pembacaan arloji stabilitas x kalibrasi alat
Pba	: Penyerapan aspal, persen terhadap berat agregat (%)
Pbe	: Kadar aspal efektif, persen terhadap berat total campuran (%)
PC	: <i>Portland Cement</i>
Pmm	: Persen berat total campuran (%)
Ps	: Kadar agregat, persen terhadap berat total campuran (%)
Q	: Angka koreksi benda uji
S	: Angka stabilitas sesungguhnya
SNI	: Standar Nasional Indonesia
SSD	: <i>Saturated Surfsce Dry</i>
Stabilitas	: Kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap
Va	: Rongga di dalam campuran, persentase dari volume total campuran (%)
V _{bulk}	: Volume campuran setelah pemadatan
VFA	: Rongga udara yang terisi aspal, persentase dari VMA (%)
VIM	: Rongga udara pada campuran setelah pemadatan persentase dari volume total (%)
VMA	: Rongga udara pada mineral agregat, persentase dari volume total(%)

DAFTAR RUMUS

Rumus	Halaman
1. $P_b = 0,035\%CA + 0,045\%FA + 0,18\%FF + K$	19
2. BJ Bulk agregat kasar = $BK(BJ - BA)$	19
3. BJ Apparent (BJ semu) agregat kasar= $BK(Bk - BA)$	19
4. BJ Bulk agregat halus = $\frac{BK}{(B + 500 - Bt)}$ BJ	19
5. Apparent (BJ semu) agregat halus = $\frac{BK}{(B + BK - Bt)}$	19
6. $G_{sb\text{tot agregat}} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{\frac{P_1}{G_1} + \frac{P_2}{G_2} + \frac{P_3}{G_3} + \dots + \frac{P_n}{G_n}}$	20
7. $G_{sb\text{tot agregat}} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{\frac{P_1}{G_{sb1}} + \frac{P_2}{G_{sb2}} + \frac{P_3}{G_{sb3}} + \dots + \frac{P_n}{G_{sbn}}}$	20
8. $G_{se} = \frac{P_{mm} - P_b}{\frac{P_{mm}}{G_{mm}} - \frac{P_b}{G_b}}$	20
9. $G_{mm} = \frac{P_{mm}}{\frac{P_s}{G_{se}} + \frac{P_b}{G_b}}$	21
10. $G_{mb} = \frac{B_k}{B_{ssd} - B_a}$	21
11. $P_{ba} = 100 \times \frac{G_{se} - G_{sb}}{G_{sb} \times G_{se}} \times G_b$	22
12. $P_{be} = P_b - \frac{P_{ba}}{100} \times P_s$	22
13. $VMA = \left(100 \frac{G_{mb} \times P_s}{G_{sb}} \right) \%$	22
14. $VMA = \left(100 - \left[\frac{G_{mb}}{G_{sb}} \times \frac{100}{(100 + P_b)} 100 \right] \right) \%$	23
15. $VIM = \left(100 \times \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}} \right) \%$	23
16. $VFB = \frac{100(VMA - Va)}{VMA} \%$	23
17. $S = p \times q$	24
18. $MQ = \frac{MS}{MF}$	24