

Blending Agregat Menggunakan Algoritma Genetika

Yeni Rochsianawati, PujoAji dan Januarti Jaya Ekaputri

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

E-mail: pujo@ce.its.ac.id

Abstrak—Blending agregat merupakan proses untuk menentukan proporsi yang tepat dari agregat yang kemudian dicampur sehingga dapat ditemukan gradasi atau susunan besar butir agregat yang sesuai dengan spesifikasi batasan yang ada. Blending agregat dapat diselesaikan menggunakan beberapa metode, diantaranya metode coba-coba, metode grafis dan metode optimasi. Di Indonesia, penyelesaian blending agregat masih dikerjakan secara manual (metode coba-coba dan metode grafis). Dengan menggunakan metode tersebut dibutuhkan waktu yang cukup lama untuk mengetahui hasil dari proses blending agregatnya. Tujuan dari penelitian ini adalah dapat dibuat sebuah program yang bisa menjalankan proses blending agregat dengan cepat, baik itu untuk agregat halus maupun agregat kasar. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan tersebut adalah dengan menggunakan algoritma genetika. Algoritma Genetika merupakan metode optimasi yang dikembangkan berdasarkan pada teori evolusi biologi. Pada penelitian ini, syarat batasan gradasi agregat yang dipakai untuk blending diambil dari ASTM C33-03. Hasil dari program ini berupa nilai proporsi dari tiap agregat yang diblending. Berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa hasil proporsi agregat yang dihasilkan dari program ini dapat menghasilkan gradasi agregat yang memenuhi atau paling mendekati syarat batasan gradasi ASTM C33-03. Program blending agregat ini dapat digunakan untuk blending n agregat sekaligus, dimana n merupakan jumlah jenis agregat dan hasil dari programnya dapat diketahui dengan cepat karena untuk sekali proses *running* hanya dibutuhkan waktu < 10 detik saja.

Kata Kunci— algoritma genetika, blending agregat, gradasi agregat

I. PENDAHULUAN

AGREGAT, baik itu agregat kasar maupun halus memiliki gradasi yang bervariasi. Agregat yang ada di pasaran dikelompokkan menjadi agregat yang siap pakai dan agregat yang harus diolah terlebih dahulu [1]. Jika agregat yang belum diolah atau diayak tersebut akan digunakan untuk bahan baku beton, maka masih banyak agregat yang belum memenuhi persyaratan susunan besar butir atau gradasi agregat yang baik. Di dalam ASTM C33-03, telah disebutkan syarat-syarat gradasi agregat halus dan kasar yang baik, dimana nilai persen lolos atau persen tertahan dari agregat yang telah diayak harus memenuhi batasan-batasan gradasi agregat dan syarat-syarat yang telah ditentukan. Apabila nilai tersebut tidak memenuhi persyaratan batasan gradasi, maka dilakukan pencampuran agregat / blending sampai didapatkan susunan gradasi yang memenuhi persyaratan batas gradasi [2].

Permasalahan dari blending agregat ini yaitu bagaimana menentukan proporsi agregat agar gradasinya dapat memenuhi persyaratan batas gradasi. Akan sulit untuk menentukan proporsi agregatnya jika yang akan diblending terdiri lebih dari 2 macam fraksi. Sudah banyak metode yang dikembangkan dalam menyelesaikan problem blending agregat ini dan metode tersebut dapat dibedakan menjadi 3 kategori yaitu metode coba-coba (*trial and error*), metode grafis serta metode optimasi [3].

Di Indonesia, telah ada penelitian mengenai pengaruh gradasi agregat terhadap perilaku beton yang dilakukan oleh Hermanto dan Prabowo [4]. Pada penelitian ini, agregat yang akan diblending hanya terdiri dari satu macam fraksi untuk agregat kasar dan satu macam fraksi untuk agregat halus, dimana standar untuk batasan gradasinya menggunakan ASTM C33-03[2] dan untuk menentukan proporsi masing-masing agregat masih menggunakan metode coba-coba. Selain itu, permasalahan blending agregat untuk beberapa macam fraksi lebih sering dijumpai pada permasalahan perkerasan jalan aspal beton dan biasanya diselesaikan menggunakan metode grafis dan analitis seperti penelitian yang dikerjakan oleh Fannisa dan Wahyudi [5]. Sedangkan di luar Indonesia, penelitian mengenai blending agregat untuk beberapa macam fraksi telah menempati ruang lingkup yang lebih luas dimana tidak hanya menggunakan metode coba-coba dan grafis saja, melainkan telah dilakukan juga penyelesaian menggunakan metode optimasi yang berbasis pada bahasa pemrograman komputer.

Algoritma Genetika (AG) merupakan metode optimasi yang berdasarkan pada teori evolusi dan suksesi generasi terbaik yang diperkenalkan pertama kali oleh Holland (1975). AG dikelompokkan dalam metode pencarian heuristik seperti *simulated annealing*, *ant colony optimization* dan *tabu search*. Dengan menggunakan AG akan diperoleh solusi permasalahan yang berupa sekumpulan populasi yang diperoleh dari inisiasi generasi dan sebuah proses iterasi operator genetika yaitu reproduksi, *crossover* dan mutasi [6]. AG dapat dimanfaatkan untuk menyelesaikan permasalahan blending agregat seperti yang telah dikerjakan oleh Toklu [6].

Pada penelitian ini, permasalahan blending agregat akan coba diselesaikan menggunakan metode optimasi algoritma genetika yang dimodelkan sebagai *single objective problem*. Diharapkan dengan program baru ini, permasalahan blending agregat ini dapat diselesaikan dengan praktis, cepat dan mudah serta dapat memenuhi persyaratan batasan gradasi yang ada.

II. URAIAN PENELITIAN

Berikut ini merupakan tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini, yaitu :

A. Studi literatur dan studi kasus mengenai Blending agregat dan algoritma genetika

1) Blending Agregat

Berikut ini merupakan tahapan dari proses *blending* agregat yaitu [7] :

- a. Agregat yang akan *diblending* harus melalui tes analisa ayakan.
- b. Dari hasil tes analisa ayakan tersebut akan diperoleh berat tertahan agregat di tiap-tiap ayakan.
- c. Dilakukan proses perhitungan untuk mencari nilai % berat tertahan dan nilai % berat yang lolos yang dihitung secara kumulatif pada tiap-tiap ayakan.
- d. Jika hasil dari perhitungan tersebut berada diantara nilai syarat batasan gradasi, maka gradasi tersebut memenuhi persyaratan. Apabila hasilnya berada di luar syarat batasan gradasi, maka gradasi agregat tersebut dapat dikatakan tidak memenuhi syarat campuran beton yang baik dan perlu untuk dilakukan *blending* agregat.
- e. Perhitungan *blending* agregat dilakukan secara analitis untuk memperoleh susunan gradasi yang memenuhi syarat ASTM C33-03 [2]. Rumus analitis yang digunakan untuk *blending* n jenis agregat yaitu :

$$y = \frac{(A_1 \cdot x_1) + (A_2 \cdot x_2) + \dots + (A_n \cdot x_n)}{100} \quad (1)$$

dengan $x_1 + x_2 + \dots + x_n = 100 \quad (2)$

dan $x_n > 0 \quad (3)$

dimana :

A_1 = nilai % lolos agregat pertama pada ayakan tertentu

A_2 = nilai % lolos agregat kedua pada ayakan tertentu

A_n = nilai % lolos agregat ke-n pada ayakan tertentu

x_1, x_2, x_n = prosentase agregat yang dicari

y = nilai batas syarat agregat pada ayakan tertentu

n = jumlah jenis agregat

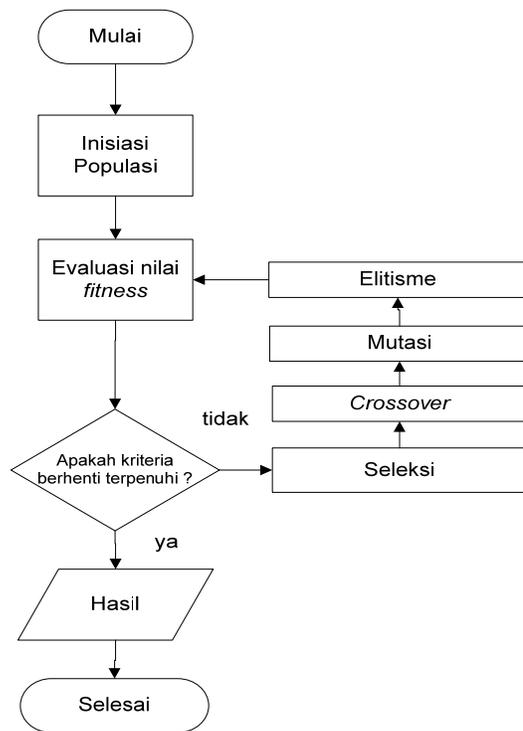
- f. Dari hasil perhitungan tersebut, diperoleh hasil berupa proporsi dari tiap agregat yang *diblending*. Jika hasil proporsi yang didapatkan berada di luar batasan gradasi dan masih belum memenuhi (2) dan (3), maka perhitungan *blending* harus diulang kembali sampai didapatkan hasil yang dapat memenuhi semua persyaratan tersebut.

Studi kasus *blending* agregat yang dipakai pada penelitian ini yaitu *blending* untuk 2, 3 dan 4 agregat dengan jenis agregat yang sama. Agregat halus (AH) *diblending* dengan AH dan agregat kasar (AK) *diblending* dengan AK [8].

2) Algoritma Genetika

Algoritma Genetika (AG) merupakan metode yang diadopsi dari ilmu biologi, maka banyak istilah-istilah biologi yang dipakai selama menjalankan proses AG [9].

Gambar 1 berikut ini merupakan *flowchart* cara kerja dari algoritma genetika.



Gambar 1. *Flowchart* Cara Kerja Algoritma Genetika

B. Pemodelan Objective Function untuk Proses Optimasi

Setelah proses perhitungan dengan menggunakan persamaan (1), gradasi yang *diblending* seharusnya menempati posisi diantara batasan gradasi yang telah tercantum dalam ASTM C33-03. Jika gradasi yang diperoleh berada di luar batasan, maka harus diatur bagaimana caranya agar gradasi hasil *blending* nanti bisa berada di antara batasan atas dan batasan bawah.

Berikut ini merupakan rumusan pemodelan *objective function* yang akan digunakan untuk proses optimasi pada program *blending* agregat yaitu :

$$\text{Minimize } A = \sum_{j=1}^n x_j^2 \quad (4)$$

dimana,

$$x_j = \begin{cases} z_j - ba, & \text{jika } z_j > ba \\ bb - z_j, & \text{jika } z_j < bb \\ 0, & \text{jika } bb \leq z_j \leq ba \end{cases} \quad (5)$$

dengan,

A = jumlah kuadrat jarak gradasi di tiap-tiap ayakan

x = nilai hasil perhitungan jarak gradasi dengan batasan

j = nomor ayakan ke-...

z = nilai hasil *blending* agregat

bb = batas bawah gradasi agregat sesuai ASTM C33-03

ba = batas atas gradasi agregat sesuai ASTM C33-03

Constraint :

- Syarat batasan gradasi ASTM C33-03 [2]
- (2) dan (3)

Jika dihasilkan hasil yang minimum, yaitu nilai $A = 0$, maka maka hasil proporsi agregat yang diperoleh akan membuat gradasi agregatnya berada di antara syarat batasan gradasi dan apabila hasilnya dijumlahkan akan bernilai 100 dan nilainya > 0 . Jika hasil $A > 0$, nilai proporsi yang didapat akan tetap berjumlah 100 dan bernilai > 0 , akan tetapi hasil gradasi agregatnya masih ada yang tidak memenuhi batasan. Hasil gradasi tersebut merupakan hasil yang paling optimum dan yang paling mendekati batasan yang ada yang dapat dihasilkan oleh AG [8].

III. HASIL DAN ANALISA

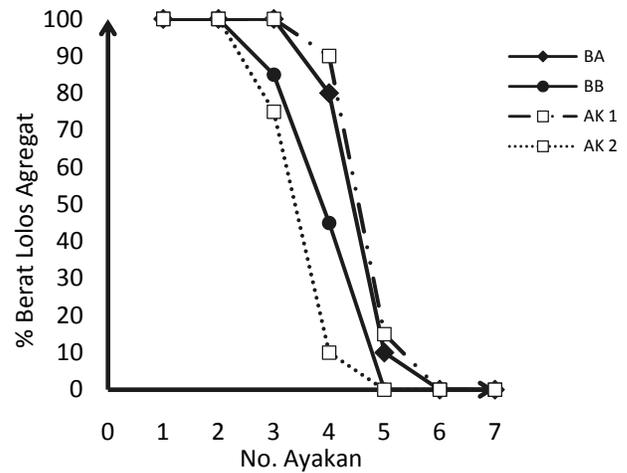
Proses dari program *blending* agregat ini dibagi menjadi dua bagian yaitu proses awal perhitungan *blending* agregat dan proses optimasi untuk mencari proporsi agregat yang *diblending*. Input untuk proses awal perhitungan *blending* agregat berupa data berat agregat yang tertahan pada tiap-tiap ayakan. Hasil dari proses ini berupa nilai persen lolos kumulatif pada tiap-tiap ayakan dimana hasil tersebut digunakan sebagai input untuk proses optimasi.

Berikut ini merupakan metode yang dipilih untuk menjalankan proses optimasi algoritma genetika :

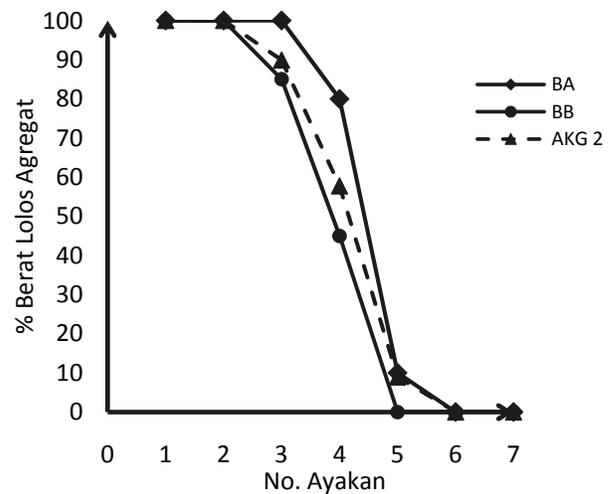
- Nilai *fitness* yang akan dipakai untuk proses seleksi diskala dengan menggunakan metode ranking dimana individu terbaik pertama diberi ranking pertama, individu terbaik kedua diberi ranking kedua dan demikian seterusnya.
- Proses seleksi menggunakan metode *stochastic uniform*.
- Proses *crossover* menggunakan metode *scattered*.
- Proses mutasi menggunakan metode *adaptive feasible* karena fungsi yang dioptimasi mempunyai *constraint*.

Untuk proses optimasi, algoritma dijalankan dengan 100 generasi dengan 20 individu pada setiap generasinya. Hasil dari proses optimasi tersebut adalah proporsi dari setiap agregat yang *diblending*. Waktu yang dibutuhkan untuk sekali *running* program untuk mendapatkan proporsi tersebut dibutuhkan waktu < 10 detik dengan menggunakan program komersial matematika. Hasil proporsi tersebut kemudian dikalikan dengan nilai persen lolos kumulatif pada tiap-tiap ayakan sehingga dapat diperoleh hasil sebuah gradasi gabungan. Program *blending* agregat ini telah diuji dengan menggunakan contoh kasus *blending* untuk dua, tiga dan empat jenis fraksi agregat, baik itu untuk agregat kasar maupun agregat halus [8].

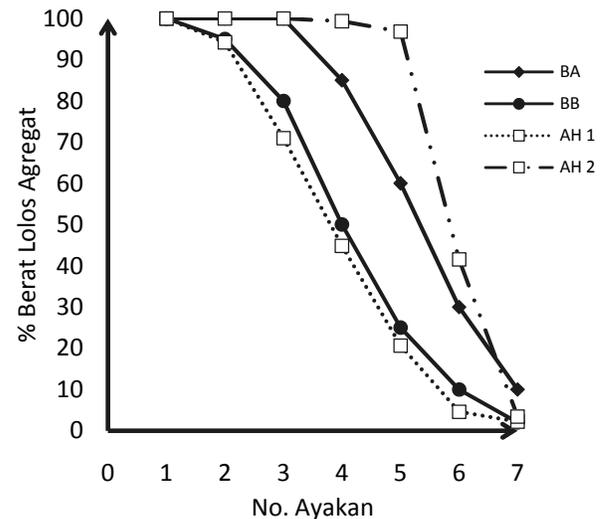
Pada Gambar 2 berikut merupakan gambar grafik gradasi dua agregat kasar dengan ukuran 25 mm beserta batasan ASTM C33-03. Setelah dilakukan perhitungan dengan menggunakan algoritma genetika, diperoleh hasil gradasi gabungan seperti yang terdapat pada Gambar 3. Sedangkan contoh untuk *blending* dua agregat halus seperti yang terdapat pada Gambar 4 dengan hasil gradasi gabungan seperti pada Gambar 5. Dari Gambar 3 maupun Gambar 5 dapat dilihat bahwa gradasi gabungan hasil *blending* berada diantara batasan gradasi yang telah ditentukan pada ASTM C33-03 [2]. Hasil proporsi yang digunakan untuk membuat grafik gradasi gabungan tersebut terdapat pada Tabel 1. Dari hasil pada kolom jumlah pada Tabel 1, dapat diketahui bahwa hasil proporsi yang didapat telah memenuhi (2) dan (3).



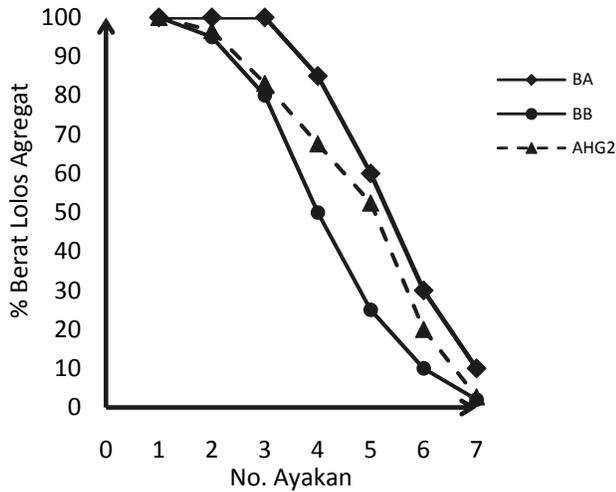
Gambar 2. Grafik Gradasi Agregat untuk *Blending 2* Agregat Kasar



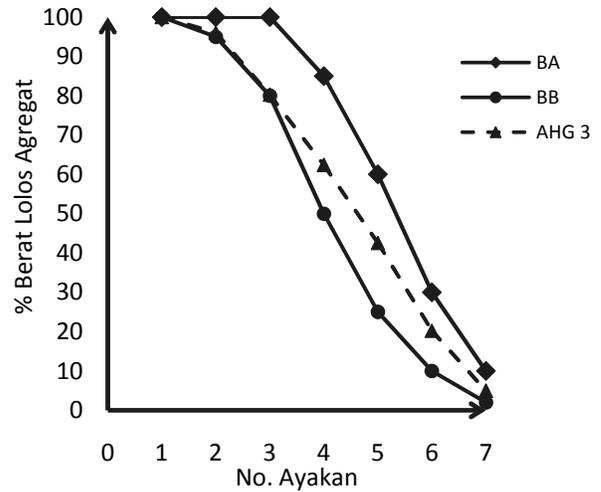
Gambar 3. Grafik Gradasi *Blending 2* Agregat Kasar



Gambar 4. Grafik Gradasi Agregat untuk *Blending 2* Agregat Halus



Gambar 5. Grafik Gradasi *Blending 2* Agregat Halus

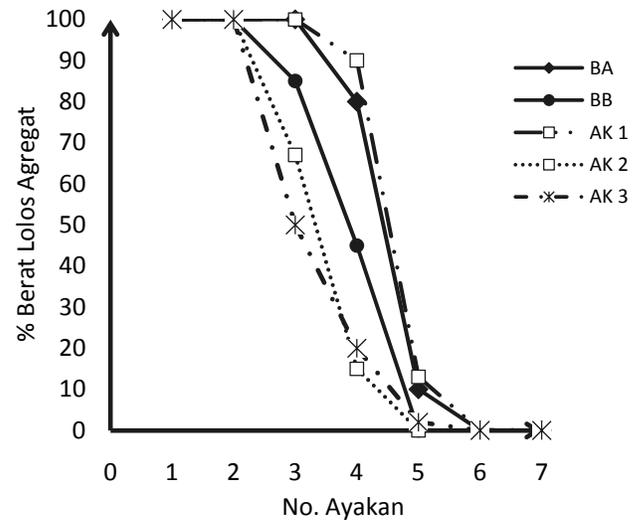


Gambar 7. Grafik Gradasi *Blending 3* Agregat Halus

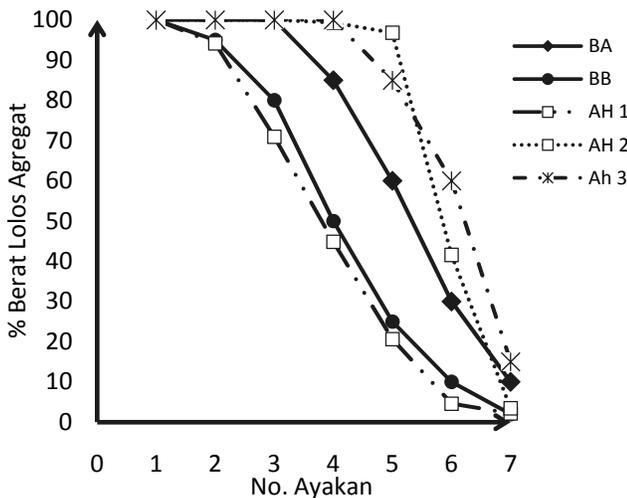
Tabel 1
Hasil Proporsi *Blending 2* Agregat

No.	Jenis agregat	Objective Function Value	Hasil Proporsi		
			X1	X2	Jumlah
1	Agregat Halus	0.00	58.330	41.670	100.000
2	Agregat Kasar	0.00	59.668	40.332	100.000

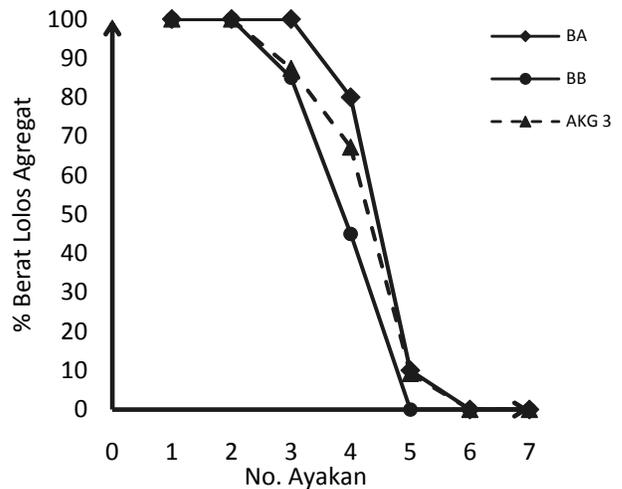
Berikut ini merupakan contoh kasus untuk *blending 3* agregat. Gambar 6 merupakan gambar grafik gradasi tiga agregat halus beserta batasan ASTM C33-03. Setelah dilakukan perhitungan dengan menggunakan algoritma genetika, diperoleh hasil gradasi gabungan seperti yang terdapat pada Gambar 7. Sedangkan contoh untuk *blending* tiga agregat kasar dengan ukuran agregat sebesar 25 mm seperti yang terdapat pada Gambar 8 dengan hasil gradasi gabungan seperti pada Gambar 9.



Gambar 8. Grafik Gradasi Agregat untuk *Blending 3* Agregat Kasar



Gambar 6. Grafik Gradasi Agregat untuk *Blending 3* Agregat Halus

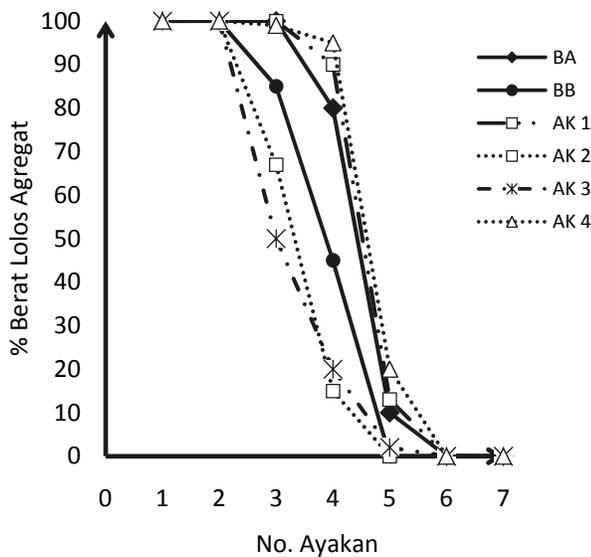


Gambar 9. Grafik Gradasi *Blending 3* Agregat Kasar

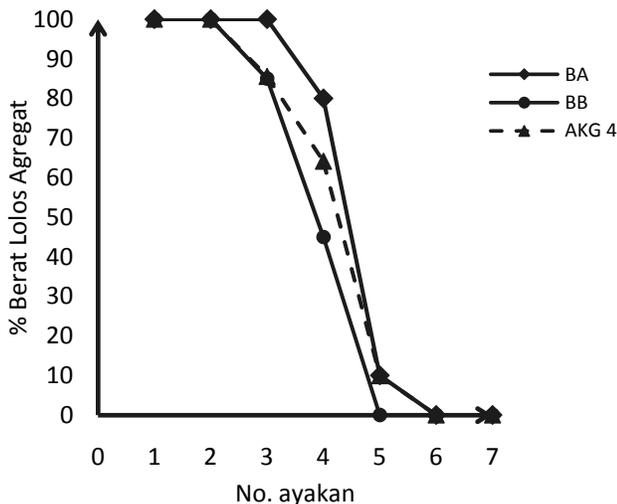
Tabel 2. Hasil Proporsi *Blending* 3 Agregat

No.	Jenis agregat	Objective Function Value	Hasil Proporsi			
			X1	X2	X3	Jumlah
1	Agregat Halus	0.00	68.702	17.868	13.430	100.000
2	Agregat Kasar	0.00	68.057	11.327	20.616	100.000

Dari Gambar 7 maupun Gambar 9 dapat dilihat bahwa gradasi gabungan hasil *blending* berada diantara batasan gradasi yang telah ditentukan pada ASTM C33-03 [2]. Hasil proporsi yang digunakan untuk membuat grafik gradasi gabungan tersebut terdapat pada Tabel 2. Dari hasil pada kolom jumlah pada Tabel 2, dapat diketahui bahwa hasil proporsi yang didapat telah memenuhi (2) dan (3).



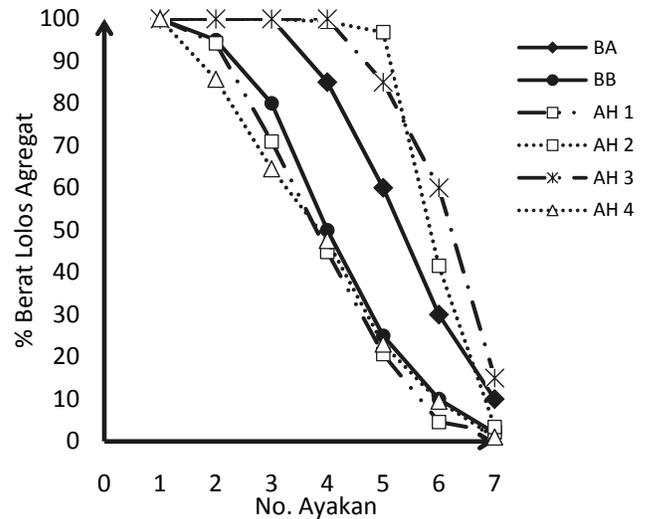
Gambar 10. Grafik Gradasi Agregat untuk *Blending* 4 Agregat Kasar



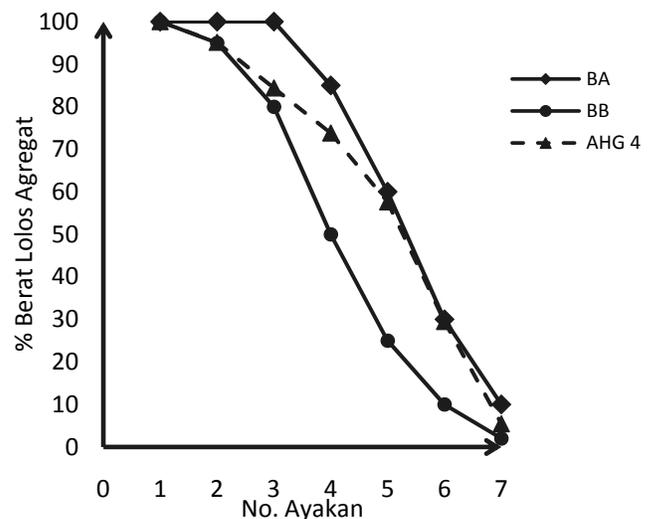
Gambar 11. Grafik Gradasi *Blending* 4 Agregat Kasar

Pada Gambar 10 merupakan gambar grafik gradasi empat agregat kasar dengan ukuran 25 mm beserta batasan ASTM

C33-03 dengan grafik hasil gradasi gabungan seperti yang terdapat pada Gambar 11. Sedangkan contoh untuk *blending* empat agregat halus seperti yang terdapat pada Gambar 12 dengan hasil gradasi gabungan seperti pada Gambar 13.



Gambar 12. Grafik Gradasi Agregat untuk *Blending* 4 Agregat Halus



Gambar 13. Grafik Gradasi *Blending* 4 Agregat Halus

Tabel 3 Hasil Proporsi *Blending* 4 Agregat

No	Jenis agregat	Objective Function Value	Hasil Proporsi				
			X1	X2	X3	X4	Jumlah
1	Agregat Halus	0.00	24.1	26.6	25.1	24.3	100.0
2	Agregat Kasar	0.00	42.4	24.4	12.4	20.8	100.0

Dari Gambar 11 maupun Gambar 13 dapat dilihat bahwa gradasi gabungan hasil *blending* berada diantara batasan gradasi yang telah ditentukan pada ASTM C33-03 [2]. Hasil proporsi yang digunakan untuk membuat grafik gradasi gabungan tersebut terdapat pada Tabel 3. Dari hasil pada

kolom jumlah pada Tabel 3, dapat diketahui bahwa hasil proporsi yang didapat telah memenuhi (2) dan (3).

IV. KESIMPULAN

Algoritma genetika dapat dipakai untuk menyelesaikan permasalahan *blending* agregat. Selama nilai dari fungsi obyektif yang dihasilkan bernilai 0, maka akan didapatkan gradasi yang memenuhi persyaratan batasan gradasi ASTM C33-03[2]. Dengan menggunakan algoritma genetika, pengguna dapat dengan segera menentukan proporsi dari tiap-tiap agregat yang *diblending* untuk kebutuhan *mix design*. Pada penelitian ini, aplikasi dari program ini masih dengan studi kasus untuk *blending* agregat dengan jenis sama, yaitu agregat halus dengan agregat halus dan agregat kasar dengan agregat kasar. Program ini bisa dikembangkan lagi dengan studi kasus *blending* agregat kasar dengan agregat halus.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT. Pelabuhan Indonesia III (Persero) dan Institut Teknologi Sepuluh Nopember yang telah memberikan dukungan finansial melalui beasiswa tahun 2008 - 2012.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Silvia Sukirman, *Beton Aspal Campuran Panas*, Jakarta : Granit (2007)
- [2] ASTM Committee C09. *ASTM C 33-03, Standard Specification for Concrete Aggregates*. ASTM International (2003).
- [3] S. Kikuchi, N. Kronprasert, dan Said Easa, "Aggregate Blending using Fuzzy Optimization," *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 10 (2012) 1943-7862..
- [4] One Sigit Hermanto dan Septian Lucky Prabowo, "Pengaruh Gradasi Agregat Gabungan pada Perilaku Beton," Skripsi Jurusan Teknik Sipil, Universitas Diponegoro, Semarang (2010).
- [5] Fannisa, Henny dan Moh. Wahyudi, "Perencanaan Campuran Aspal Beton dengan Menggunakan Filler Kapur Padam," Skripsi Jurusan Teknik Sipil, Universitas Diponegoro, Semarang (2010).
- [6] Y. C. Toklu, "Aggregate Blending using Genetic Algorithms," *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, Vol. 20 (2005) 450-460.
- [7] Pujo Aji dan Rachmat Purwono, *Pemilihan Proporsi Campuran Beton (Concrete Mix Design) sesuai ACI, SNI dan ASTM*, Surabaya : ITS Press (2011).
- [8] Yeni Rochsianawati, "Blending Agregat Menggunakan Algoritma Genetika," Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya (2012).
- [9] Arie Pangesti Aji, *Optimasi Pendimensian Node Hardware pada Jaringan SDH Menggunakan Algoritma Genetika*, Surabaya : PENS ITS (2009).