Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer e-ISSN: 2548-964X
Vol. 1, No. 4, April 2017, hlm. 257-269 http://j-ptiik.ub.ac.id

Pemanfaatan Algoritma Genetika Untuk Optimasi 0/1 *Multi-Dimensional Knapsack Problem* Dalam Pendistribusian Produk (Studi Kasus UD.TOSA)

Ryan Iriany[1], Agus Wahyu Widodo[2], Wayan Firdaus Mahmudy[3]

Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya
Email: [1]ryaniriany@gmail.com, [2]a_wahyu_w@ub.ac.id, [3]wayanfm@ub.ac.id

Abstrak

Salah satu penyebab kerusakan alat muat adalah karena alat muat sering mengalami kelebihan beban muatan (*overtonase*). Setiap alat muat memiliki kapasitas terbatas sehingga tidak semua produk dapat dimuat, *distributor* dapat melakukan kombinasi produk apa saja yang seharusnya dimuat agar dapat memaksimalkan volume muatan tanpa melebihi kapasitas alat muat. Kombinasi produk dalam proses distribusi merupakan masalah kombinatorial yang kompleks, permasalahan kombinasi ini masuk ke dalam *multi-dimensional knapsack problem*. Pemanfaatan algoritma genetika dalam *multi-dimensional knapsack problem* adalah untuk menlakukan optimasi daya muat pada proses distribusi. Parameter algoritma yang digunakan pada penelitian ini adalah populasi sebanyak 200, generasi sebanyak 100, nilai cr sebesar 0.9, dan nilai mr sebesar 0.1. Kelebihan beban pada solusi yang dihasilkan oleh sistem adalah sebesar 0% dari kapasitas beban maksimal alat muat. Solusi yang dihasilkan oleh sistem dapat dipastikan tidak melebihi kapasitas, baik dari ruang maksimal alat muat maupun beban maksimal alat muat. Hal ini dapat mengurangi resiko kerusakan alat muat sehingga frekuensi *maintenance* tidak terlalu sering.

Kata Kunci: distribusi, *Overtonase*, *Multi-Dimensional Knapsack Problem*, algoritma genetika

Abstract

One cause damage to the vehicle is because vehicles are often excess payload (overtonase). Each vehicle has a limited capacity, so not all products can be loaded, the distributor can perform any combination of products that should be loaded in order to maximize cargo volume without exceeding the capacity of the vehicle. The combination of products in the distribution process is a complex combinatorial problems, problems of this combination into the multi-dimensional knapsack problem (MKDP). Utilization of genetic algorithms in multi-dimensional knapsack problem is to perform such optimization of capacity in the distribution process.The algorithm parameters used in this study is a population of 200, the generation of 100, cr by 0.9 and 0.1 mr. Excess load on the solutions produced by the system is equal to 0% of the maximum load capacity of the vehicle. Solutions generated by the system can be ensured not exceed the capacity, both of maximum space vehicles as well as the maximum load of the vehicle. It can reduce the risk of damage to the vehicle so that the frequency of maintenance is not too often.

Keywords*: distribution, Overtonase, Multi-Dimensional Knapsack Problem, genetic algorithm*

1. PENDAHULUAN

Sebagai perusahaan *distributor*, biaya distribusi merupakan hal yang sangat berpengaruh terhadap keuntungan yang akan didapatkan UD.TOSA. Hal yang mempengaruhi biaya distribusi selain jarak distribusi adalah frekuensi *maintenance* alat muat yang digunakan dalam proses distribusi. Semakin sering terjadinya kerusakan alat muat maka akan menambah frekuensi *maintenance* sehingga mengurangi keuntungan yang akan didapatkan. Salah satu penyebab kerusakan alat muat adalah karena alat muat sering mengalami kelebihan beban muatan (*overtonase*). *Overtonase* juga dapat meningkatkan potensi kecelakaan yang dapat mengakibatkan kerusakan produk maupun alat muat itu sendiri. Hal tersebut mengakibatkan frekuensi *maintenance* meningkat dan biaya distribusi semakin bertambah (Triatmojo, 2017). Oleh

karena itu frekuensi *maintenance* harus dijaga agar biaya distribusi tidak semakin bertambah. Setiap alat muat memiliki kapasitas terbatas sehingga tidak semua produk dapat dimuat, *distributor* dapat melakukan pemilihan terhadap produk apa saja yang seharusnya dimuat agar dapat memaksimalkan volume muatan tanpa melebihi kapasitas alat muat.

Setiap produk yang akan didistribusikan memiliki bobot dan volume yang berbeda-beda. Misalnya untuk air minum kemasan *merk* cleo memiliki dua jenis kemasan berbeda yaitu kemasan 600ml dan 1500ml, sehingga ruang yang dibutuhkan juga berbeda. Alat muat yang digunakan juga memiliki karakteristik masing-masing, kapasitas ruang maksimum berbeda-beda pada setiap alat muat. Selain ruang yang terbatas, alat muat juga memiliki kapasitas beban maksimum dalam mengangkut produk. Produk yang didistribusikan oleh UD.TOSA merupakan air minum kemasan yang memiliki berat yang cukup besar dibandingkan dengan produk lain misalnya makanan ringan kemasan, oleh karena itu perlu diperhatikan mengenai kapasitas beban maksimum dari alat muat. Apabila alat muat tidak mampu menampung beban muatan maka produk tidak dapat diangkut meskipun memiliki sisa ruang yang cukup. Pemanfaatan kapasitas ruang alat muat dalam proses distribusi UD.TOSA sejauh ini sudah cukup baik karena produk yang dimuat tidak pernah melebihi kapasitas ruang. Namun kelebihan beban muatan sering terjadi pada setiap proses distribusi yang dilakukan oleh UD.TOSA. Permasalahan ini adalah permasalahan kombinasi produk untuk optimasi daya muat agar mencapai muatan maksimal tanpa melebihi kapasitas maksimal alat muat dalam proses distrbusi produk.

Dilihat dari karakteristik produk yang akan didistribusikan dan alat muat yang digunakan dalam proses distribusi UD.TOSA, dapat disimpulkan bahwa permasalahan distribusi ini masuk ke dalam *Multi-dimensional Knapsack Problem*. Menurut Gen dan Ceng (2000), *Multi-dimensional Knapsack Problem* (MKDP) sering dikenal sebagai *multi-constraint knapsack problem* karenai memiliki beberapa *constraint* seperti ukuran, konsistensi, dll. MKDP yang digunakan dalam penelitian ini adalah 0/1 *multi-dimensional knapsack problem*, dimana dimensi produk yang dimuat tidak bisa dipisahkan sehingga hanya memiliki dua kondisi yaitu dimuat atau tidak dimuat sama sekali. Pemilihan dilakukan dengan memperhatikan beberapa konstrain, seperti berat produk dan volume produk. Untuk penyelesaian permasalahan optimasi *Multi-dimensional knapsack problem* dibutuhkan algoritma yang tepat dengan estimasi waktu yang cepat dan solusi yang terbaik. Salah satu algoritma optimasi yang cukup populer adalah Algoritma Genetika.

Pada penelitian ini algoritma genetika akan digunakan dalam penyelesaian 0-1 *multi-dimensional knapsack problem* yang bertujuan melakukan optimasi beban angkut kendaraan agar dapat memaksimalkan ruang tanpa melebihi beban maksimum pada proses distribusi produk.

2. KAJIAN PUSTAKA

Terdapat beberapa penelitian terdahulu yang telah dilakukan terkait dengan penelitian yang akan dilakukan penulis. Beberapa penelitian tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel.1 Kajian Pustaka

No	Judul	Hasil
1	Implemetasi Algoritma Genetika Untuk Optimasi 0/1 *Multi-Dimensional Knapsack Problem* Dalam Penentuan Menu Makanan Sehat (Tyas, Rahman, & Dewi, 2013)	Algoritma genetika cocok digunakan dalam permasalahan 0/1 Multi-Dimensional Knapsack Problem dengan individu terbaik didapat pada Pc 70% dan Pm 50%, generasi 100
2	Penerapan Algoritma Genetika dan Algoritma *Harmony Search* pada Permasalahan *KNAPSACK* 0-1 (Ariastuti, 2015)	Algoritma genetika dapat memberikan profit yang stabil daripada *harmony search*. Dilihat dari segi konvergensinya disimpulkan bahwa algoritma genetika bekerja lebih baik dalam permasalahan knapsack 0-1
3	*A Genetic Algorithm for the Multiple Knapsack Problem in*	menunjukkan bahwa MBGA lebih efektif

	Dynamic Environment (Unal, 2013)	dari pada RIGA untuk 0/1 *Knapsack Problem*
4	*Meta-heuristics for Multidimensional Knapsack Problems* (Mian, 2012)	Menunjukan bahwa algoritma genetika mampu memecahkan masalah MKP dan masalah *capital budgeting*
5	*Genetic Algorithms With Decomposition Procedures for Multidimensional 0-1 Knapsack Problems With Block Angular Structures* (Kato, 2003)	Menunjukan bahwa penggunaan *block angular structure* dalam algoritma genetika menghasilkan individu potensial.

Penelitian ini bertujuan melakukan kombnasi produk untuk optimasi 0/1 *Multi-Dimensional Knapsack Problem* dengan memaksimalkan muatan tanpa melebihi kapasitas beban maksimal guna menjaga frekuensi *maintenance* alat muat.

3. DASAR TEORI

3.1. Multidimensional Knapsack Problem

Knapsack problem adalah permasalahan pemilihan objek dari beberapa objek yang tersedia, kemudian objek tersebut akan disimpan atau dimasukkan kedalam sebuah tas atau wadah terbatas. Dengan memperhatikan karakteristik beberapa objek tersebut dimana setiap objek memiliki bobot, volume, dan nilai profit yang berbeda serta memperhatikan kapasitas dari media penyimpanan diharapkan diperoleh suatu penyimpanan yang optimal (Ariastuti, 2015). *Multiple Dimensional Knapsak Problem* (MKDP) merupakan permasalahan *knapsack* yang memiliki beberapa batasan (*constraint*), misalnya berat, volume, harga, rasa, profit dan lain-lain. MKDP mempunyai pendekatan dengan algoritma genetika sebagai solusi optimasinya seperti halnya permasalahan kombinatorial yang lainnya (Tyas, Rahman, & Dewi, 2013).

Berikut merupakan formulasi *multiple dimensional knapsack problem* menurut Gen & Cheng (2000) :

$$\max \sum_{j=1}^{ni} cj\ xj \qquad (2.1)$$

$$\text{s.t} \sum_{j=1}^{ni} Wij\ Xij \leq W \quad \text{i=1,2,...,m} \qquad (2.2)$$

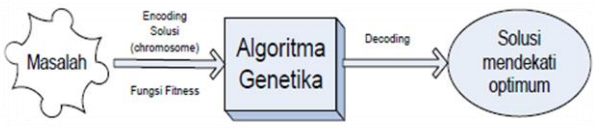
$$\text{Xij} \in \{0,1\} \qquad \forall i,j \qquad (2.3)$$

Dimana:
j = indeks item
ni = jumlah item di seluruh kelas
cj = *cost* item j
wij = berat item j
xij = solusi yang mungkin
W = berat maksimas wadah (*knapsack*)

Pada *Multi-Dimensional Knapsack Problem* terdapat beberapa kapasitas *knapsack*: W1, W2, W3,..,Wn serta terdapat n objek yang masing-masing memiliki *cost* yang berbeda (cj), j = 1,2,..,n (Tyas, Rahman, & Dewi, 2013). Menurut Martello (2006), *knapsack* terdiri dari beberapa permasalahan yang bisa diselesaikan, diantaranya adalah *integer* (0-1) *knapsack*, *bounded knapsack*, dan *unbounded knapsack*.

3.2. Algoritma Genetika

Algoritma Genetika merupakan algoritma yang memanfaatkan proses seleksi alamiah sehingga dikenal sebagai proses evolusi. Seleksi alam yang dimaksud yaitu proses penyesuaian gen secara terus-menerus dengan lingkungan hidupnya sehingga pada akhirnya hanya individu-individu yang kuat yang mampu bertahan. Dalam Algoritma Genetika, permasalahan direpresentasikan kedalam bentuk kromosom. Terdapat tiga aspek pendukung dalam kinerja Algoritma Genetika yaitu nilai fitness, representasi genetika, dan operasi genetika (Nugraha & Mahmudy, 2015). Proses pencarian solusi oleh algoritma genetika dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Proses Pencarian Solusi Algoritma Genetika
Sumber: (Mahmudy, 2015)

Algoritma genetika diawali dengan penciptaan individu secara acak yang memiliki susunan kromosom tertentu. Kemudian dilakukan reproduksi untuk menghasilkan keturunan (*offerspring*) dari individu-individu

yang terdapat dalam populasi. Setelah itu dilakukan penghitungan nilai *fitness* pada setiap kromosom pada proses evaluasi. Kemudian seleksi alam dilakukan untuk memilih individu mana saja yang pantas dipertahankan pada generasi berikutnya. Semakin baik individu maka semakin baik pula nilai *fitness* yang dimiliki (Mahmudy, Dasar-dasar Algoritma Evolusi, 2015). Pada penelitian yang bertujuan untuk optimasi distribusi terdapat beberapa langkah yang terdapat dalam algoritma genetika, diantaranya adalah representasi kromosom, pembangkitan populasi, reproduksi, evalusai, dan seleksi.

1. Representasi Kromosom

Representasi kromosom merupakan proses penyelesaian suatu masalah dengan cara mengkodekan solusi permasalahan kedalam kromosom. Dalam Algoritma Genetika terdapat berbagai jenis representasi kromosom untuk setiap permasalahan yang berbeda (Sulistyorini & Mahmudy, 2015). Beberapa jenis representasi kromosom diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Representasi biner
2. Representasi *integer*
3. Representasi *real*
4. Representasi permutasi

2. Pembangkitan Populasi

Populasi awal pada algoritma genetika dibangkitkan secara *random*. Populasi terdiri dari kromosom-kromosom yang merepresentasikan solusi yang diinginkan (Mahmudy, 2014). . Ukuran populasi merupakan ukuran dari populasi yang menyatakan jumlah individu atau kromosom (Ariastuti, 2015).

3. Reproduksi

Proses reproduksi untuk menghasilkan keturunan (*offspring*) dengan menggunakan operator-operator genetik yaitu pindah silang (*crossover*) dan mutasi.

Crossover merupakan proses menghasilkan individu baru yang nantinya memiliki sifar-sifat yang diwariskan induknya (Nugraha & Mahmudy, 2015). Proses *crossover* dilakukan dengan pemilihan acak yaitu 2 individu berbeda dari populasi sebagai *parent* (induk). Nilai probabilitas *crossover* pada umumnya berkisar pada $0 \leq Pc \leq 1$, namun menurut Gen & Cheng (1997) nilai probabilitas *crossover* yang baik berkisar antara 0,6 sampai 1 (Ariastuti, 2015).

Mutasi adalah perubahan suatu operator genetika yang hasilnya menyebabkan perubahan acak pada satu kromosom. *Repciprocal exchange mutation* dan *insertion mutation* merupakan teknik yang sering digunakan sebagai teknik mutasi. *Repciprocal exchange mutation* befungsi dengan cara memilih dua posisi secara acak kemudian menukarkan dengan nilai pada posisi tempatnya sehingga menghasilkan individu yang baru (*offspring*). Nilai probabilitas mutasi pada umumnya berkisar pada $0 \leq Pm \leq 1$, namun menurut Gen & Cheng (1997) nilai probabilitas mutasi yang baik berkisar antara 0,001 sampai 0,2 (Ariastuti, 2015).

4. Evaluasi

Evaluasi adalah fungsi yang digunakan untuk mengetahui ketahanan kromosom untuk menentukan apakah kromosom masih pantas diteruskan eksistensinya (Tyas, Rahman, & Dewi, 2013). Hal tersebut dapat diketahui melalui nilai *fitness*yang dimiliki. . Individu yang dianggap layak untuk dijadikan solusi adalah indvidu yang memiliki nilai *fitness* tinggi, sehingga semakin tinggi nilai *fitness* yang dihasilkan maka kemungkinan individu menjadi calon solusi akan semakin besar (Nugraha & Mahmudy, 2015).

5. Seleksi

Seleksi adalah memilih *parent* yang unggul untuk menghasilkan individu yang unggul. Seleksi dilakukan dengan cara memilih individu yang berkualitas baik dan pantas untuk dijadikan *parent* pada generasi berikutnya.

3.3. Distribusi UD.TOSA

Distribusi adalah kegiatan menyalurkan hasil produksi sampai ke tangan konsumen namun tetap harus memperhatikan sistem distribusi yang baik agar mendukung konsumen dan produsen (Ardiansyah, 2014). UD.TOSA berperan sebagai perantara (*distributor*) dalam proses distribusi tidak langsung. UD.TOSA memilih produk untuk didistribusikan dari pabrik produksi (agen tetap) kemudian disimpan dalam gudang penyimpanan UD.TOSA. Proses tersebut dilakukan oleh tim *droping*, proses distribusi selanjutnya dilakukan oleh tim kanvas yaitu mengirimkan produk ke tangan konsumen. Konsumen yang dimaksud adalah toko-toko dan instansi-instansi yang melakukan pemesanan. Pada penelitian ini akan difokuskan terhadap proses distribusi yang dilakukan oleh tim *droping* . Proses *droping* oleh UD.TOSA dilakukan 2 sampai 3 kali per

minggu atau hampir setiap hari apabila banyak pesanan dari pelanggan. Alat muat yang digunakan dalam proses *droping* adalah jenis DYNA 110 FT, COLT DIESEL FE74S (4X2) BUT, dan COLT DIESEL FE74S (4X2) M/T.

3.4. Dampak Kelebihan Beban Muatan (*Overtonase*)

Overtonase sering dikenal dengan kelebihan beban muatan dimana barang yang dimuat melebihi kapasitas maksimal alat muat. Contoh fenomena *overtonase* dapat dilihat pada Gambar 2.

Gambar 3. Kelebihan Muatan
Sumber: indotrucker.blogspot.com

Dampak kelebihan muatan bagi kendaraan yang digunakan diantaranya dapat menimbulkan kerusakan pada komponen-komponen kendaraan seperti kerusakan *shockbreaker*, kerusakan *tiero* & *balljoint*, kerusakan *bushing arm*, kerusakan *bearing*, pecah ban, dan bahkan dapat menyebabkan kerusakan mesin. Selain kerusakan kendaraan, *overtonase* juga meningkatkan potensi kecelakaan yang dapat terjadi. Apabila terjadi kecelakaan maka akan mengakibatkan kerusakan produk yang dimuat. Oleh karena hal tersebut maka biaya yang harus dikeluarkan untuk perbaikan kendaraan dan penggantian produk akan mengakibatkan bertambahnya biaya distribusi dan berkurangnya keuntungan (Triatmojo, 2017). Dampak kelebihan beban muatan dapat dilihat pada Gambar 3.

Gambar 2. Dampak Kelebihan Muatan
Sumber: indotrucker.blogspot.com

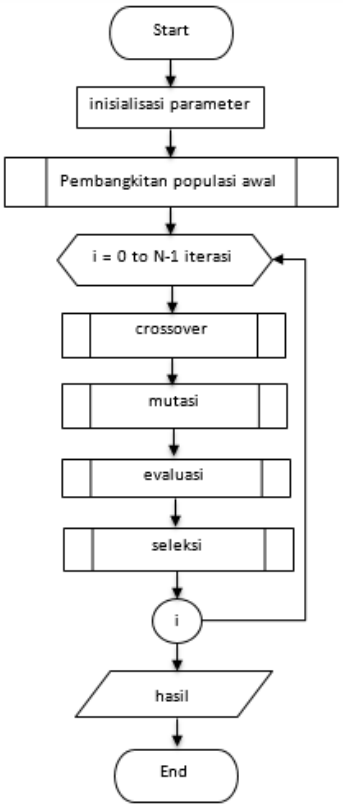
4. PERANCANGAN

Multi-dimensional knapsack problem (MKDP) pada proses distribusi produk (proses *droping*) merupakan representasi permasalahan yang terjadi. Dalam pendistribusian produk masalah yang muncul adalah beban muatan yang selalu berlebihan sehingga sering terjadi kerusakan pada komponen alat muat yang digunakan. Hal ini mengakibatkan bertambahnya frekuensi *maintenance* alat muat sehingga mengakibatkan berkurangnya keuntungan yang didapat. Dari permasalahan tersebut dibutuhkan solusi agar daya muat alat transportasi dapat dimaksimalkan tanpa melebihi kapasitas sehingga performa kendaraan terjaga dan tidak memerlukan *maintenance* terlalu sering. Salah satu cara untuk mengatasi masalah tersebut yaitu harus dilakukan menejemen beban muat sehingga tidak terjadi kelebihan muatan saat proses *droping*. Pada kasus ini produk yang akan dimuat memiliki karakteristik yang berbeda-beda, setiap produk memiliki berat dan volume tersendiri. Alat muat yang digunakan juga memiliki kapasitas yang berbeda, setiap alat muat memiliki beban maksimal dan volume maksimal muatan. Oleh karena setiap produk memiliki karakteristik yang berbeda, maka perlu dilakukan kombinasi muatan produk yang tepat agar menghasilkan volume muatan semaksimal mungkin tanpa melebihi beban maksimal alat muat.

Pada penelitian ini produk dapat dimuat dengan syarat tidak melebihi kapasitas alat muat yang dimiliki alat muat. Hal ini dikarenakan pada *multi-dimensional knapsack problem* memiliki beberapa batasan (*constraint)* yaitu berat dan volume. *Knapsack* yang dimaksud adalah alat muat yang digunakan dalam proses distribusi. Produk yang dapat dipilih untuk didistribusikan terdiri dari 10 jenis produk. *Multi-dimensional knapsack problem* yang dibahas pada penelitian ini adalah *integer knapsack* (0/1) dimana dimensi setiap barang yang akan dimasukkan ke dalam *kanpsack* tidak bisa dipisah menjadi beberapa bagian, oleh karena itu setiap satu barang hanya memiliki dua kemungkinan yaitu dimuat atau tidak dimuat sama sekali. Langkah-langkah penyalesaian masalah optimasi 0/1 *multi-dimensional knapsack problem* menggunakan algoritma genetika dapat dilihat pada Gambar 4.

Representasi kromosom yang digunakan pada kasus optimasi *multi-dimensional*

knapsack problem berupa matrik yang berisi *string integer*. Kromosom berbentuk matrik karena jenis produk dinyatakan dalam kolom dan jenis alat muat dinyatakan dalam baris. *String integer* (gen) pada kromosom bukan menyatakan jumlah (kuantitas) produk yang dimuat, melainkan nilai acak yang akan digunakan untuk menghitung proporsi produk agar tidak melebihi kapasitas ruang maksimal dan beban maksimal alat muat. Baris pada kromosom menunjukan kendaraan atau alat muat yang digunakan dan kolom pada kromosom menunjukan produk yang dimuat. Pada Gambar 5 menunjukan representasi kromosom berupa matrik yang berisi string integer.



Gambar 4. Proses penyelesaian optimasi 0/1 *multidimensional knapsack problem*

Kromosom 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	22	99	74	2	97	17	59	20	11	86
2	82	94	12	9	57	96	90	51	23	30
3	76	80	29	52	74	6	27	96	75	83
4	58	99	44	28	23	51	10	14	36	45
5	6	18	43	49	48	23	36	59	93	99
6	43	58	55	78	98	5	56	93	100	78
7	23	52	4	78	65	71	14	45	40	98
8	94	17	58	91	46	0	1	94	61	19
9	27	36	0	30	98	58	18	78	93	41

Gambar 5. Representasi Kromosom

Proses inisialisasi dan pembentukan populasi awal adalah tahapan pembentukan kromosom secara *random*. Pada tahap ini dilakukan inisialisasi parameter yang digunakan dalam siklus pemanfaatan algoritma genetika. Parameter tersebut adalah jumlah *populasi* (popsize), *crossover rate* (cr), dan *mutation rate* (mr). Reproduksi yang dilakukan pada penelitian ini adalah *crossover* dan mutasi. *Crossover* yang digunakan adalah teknik *one cut point crossover* dan mutasi yang digunakan adalah teknik *reciprocal exchange mutation*.

Proses evaluasi adalah proses penghitungan *fitness* seluruh individu yang terbentuk baik *parent* maupun *offspring*.untuk melakukan perhitungan *fitness* dibutuhkan data karakteristik produk dan karakteristik alat muat yang terdapat pada Lampiran 1. *Fitness* yang digunakan adalah pencarian nilai maksimum yaitu volume maksimum muatan. Untuk melakukan perhitungan *fitness*, langkah awal yang dilakukan adalah menghitung proporsi volume produk yang dimuat berdasarkan volume maksimal yang dimiliki setiap alat muat. Nilai yang digunakan untuk menghitung proporsi adalah gen kromosom yang telah terbentuk sebelumnya. Rumus perhitungan proporsi produk berdasarkan volume maksimal alat muat dapat dilihat pada persamaan 1.

$$Vol_{ij} = \frac{Gen_j}{\sum Gen\ j} \times VMax_i \quad (1)$$

Keterangan :
Vol_{ij} = Proporsi volume produk
i = jenis alat muat 1, 2, 3, ……, 9
j = jenis produk 1, 2, 3, ……, 10

Setelah dihasilkan proporsi produk berdasarkan volume maksimal alat muat, langkah selanjutnya adalah menghitung jumlah produk yang dimuat. Jumlah produk didapatkan melalui pembagian antara nilai Vol_{ij} dengan volume produk. Setelah didapatkan jumlah produk yang dimuat berdasarkan volume maksimal alat muat, langkah selanjutnya adalah menhitung berat produk pada setiap alat muat. Perhitungan berat produk dilakukan dengan cara mengalikan $Jml\ produk_{ij}$ dengan $Berat\ produk_j$ kemudian dihitung total berat pada setiap alat muat dengan menjumlahkan berat produk yang dihasilkan. Apabila berat produk pada setiap alat muat melebihi kapasitas beban maksimal alat muat maka harus dilakukan perhitungan rasio berat yang berfungsi untuk mengurangi jumlah produk agar beratnya tidak melebihi beban maksimal

alat muat. Cara menghitung rasio berat dapat dilihat pada persamaan 2.

$$Rasio\ berat = \frac{DT_i}{(\sum Jmlproduk_{ij})\ B_j} \quad (2)$$

Keterangan :
Rasio berat = nilai selalu kurang dari 1
DT = Beban maksimal
Jmlproduk = jumlah produk yang dihasilkan dari proporsi volume produk
B = kapasitas beban maksimal

Setelah dilakukan perhitungan rasio maka akan didapatkan jumlah produk final yang dipastikan tidak melebihi kapasitas angkut alat muat, baik volume ataupun beban maksimal alat muat. Jumlah produk final dapat dihitung dengan persamaan 3. Jumlah produk final yang dihasilkan merupakan solusi permasalahan pada penelitian ini. Jumlah produk final dapat dilihat pada Gambar 6.

$$PF = Rasio\ berat_i \times Jmlproduk_{ij} \quad (3)$$

Keterangan :
PF= jumlah produk final yang dimuat tanpa melebihi kapasitas alat muat
Rasio berat = nilai rasio
Jmlproduk = jumlah produk yang dihasilkan dari proporsi volume maksimal

Final Produk	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	28	88	153	0	411	127	443	84	46	293
2	78	60	18	2	175	525	492	157	70	74
3	76	54	46	17	241	34	156	313	244	218
4	80	93	97	12	103	406	79	62	161	162
5	6	13	73	17	167	142	223	206	326	279
6	35	32	72	21	264	23	268	251	270	170
7	24	37	6	28	227	441	86	157	139	276
8	133	15	130	42	210	0	7	429	278	70
9	25	22	0	9	295	310	96	235	280	99

Gambar 6. Contoh Jumlah Produk Final

Setelah diketahui jumlah produk final yang tidak melebihi berat maka dapat dihitung volume produk yang termuat. Volume produk yang termuat akan digunakan dalam perhitungan nilai *fitness*. Perhitungan nilai *fitness* dapat dilakukan menggunakan persamaan 4.

$$Fitness = VolMax \quad (4)$$

Keterangan :
Fitness = nilai fitness setiap kromosom
VolMax = total volume produk final

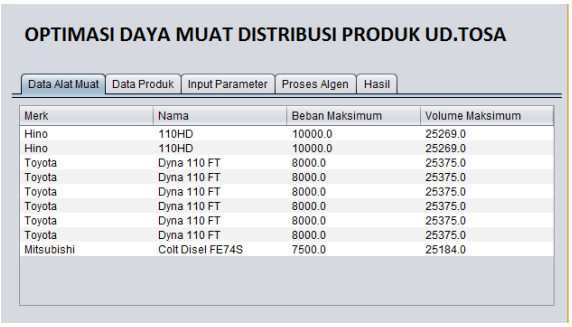
Setelah dilakukan evaluasi, proses selanjutnya adalah melakukan seleksi. Proses seleksi dilakukan untuk memilih individu-individu yang pantas dipertahankan untuk generasi berikutnya berdasarkan nilai *fitness* yang dimiliki. Teknik yang digunakan untuk melakukan seleksi pada penelitian ini adalah *elitism selection*. Pada seleksi *elitism* dilakukan pengurutan individu mulai dari nilai *fitness* terbesar sampai terkecil. Individu yang memiliki *fitness* tinggi pada urutan atas akan dipilih sesuai dengan jumlah *popSize* yang dibutuhkan.

5. IMPLEMENTASI SISTEM

Antar muka pengguna dari program optimasi daya muat dalam pendistribusian produk UD.TOSA terdiri dari beberapa tab menu yang memiliki fungsi berbeda-beda. Tab menu yang tersebut diantaranya adalah tab data alat muat, tab data produk, tab input parameter, tab proses algoritma genetika, dan tab hasil.

1. Data Alat Muat

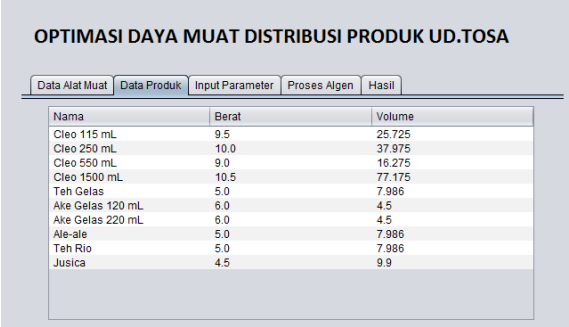
Pada tab data alat muat menunjukan alat muat yang digunakan untuk proses *droping* oleh UD.TOSA beserta dengan karakteristik alat muat. Perancangan antar muka dapa dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Antarmuka Halaman Data Alat Muat

2. Data Produk

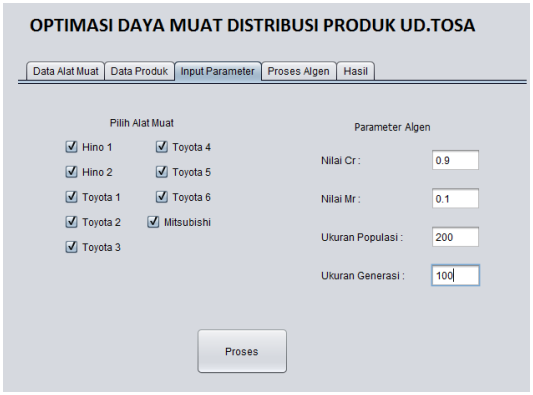
Data produk merupakan data utama yang berkaitan dengan muatan yang akan masukkan kedalam *knapsack*. Terdapat 10 alat muat yang selalu didistribusikan oleh UD.TOSA. Data produk yang dimiliki menampilkan nama produk, berat produk, dan volume produk. Implementasi antar muka halaman data produk dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Antarmuka Halaman Daftar Produk

3. Input Parameter

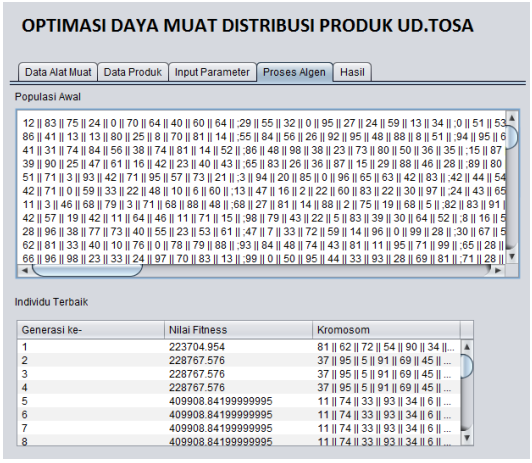
Halaman input parameter adalah tab yang berfungsi untuk memilih alat muat dan mengisi parameter-parameter yang digunakan dalam perhitungan optimasi menggunakan algoritma genetika. Pada halaman ini terdapat *chek box* untuk memilih alat muat dan *field* parameter yang harus diisi terlebih dahulu sebelum melakukan proses perhitungan. sebelum melakukan proses perhitungan. Parameter-parameter tersebut adalah nilai cr, nilai mr, ukuran populasi, dan banyaknya generasi. Terdapat sebuah proses untuk melakukan perhitungan menggunakan algoritma genetika sesuai dengan nilai parameter yang telah dimasukkan. Antar muka halaman input parameter dapat dilihat pada Gambar 9.



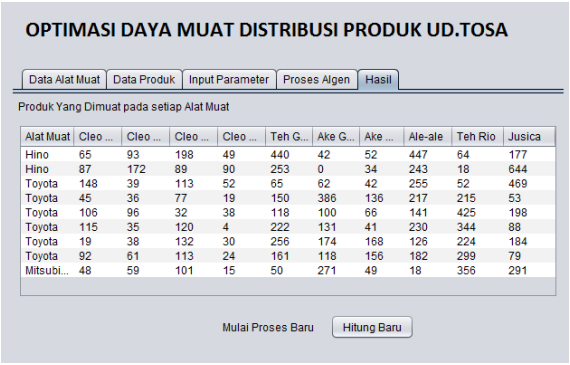
Gambar 9. Antarmuka Halaman Input

4. Proses Algen

Pada halaman proses algen menampilkan contoh individu yang terbentuk pada pembangkitan awal proses algoritma genetika dan hasil nilai *fitness* terbaik pada setiap generasi. Antar muka halaman proses algen dapat dapat dilihat pada Gambar 10 dan 11.



Gambar 10. Antarmuka Proses Algen



Gambar 11. Antarmuka Halaman Hasil

6. PENGUJIAN HASIL

Pengujian ini membandingkan hasil daya muat *droping* UD.TOSA dan *droping* yang dihasilkan sistem. Hasil *droping* UD.TOSA dan hasil *droping* yang diperoleh dari sistem dapat dilihat pada Lampiran 2. Nilai parmeter algoritma genetika yang digunakan dalam perolehan hasil *droping* sistem diambil berdasarkan penelitian-penelitian yang berhubungan dengan pemanfaatan algoritma genetika untuk optimasi dalam permasalahan distribusi yang telah dilakukan sebelumnya. Pada penelitian yang dilakukan oleh Saputri (2015), parameter yang optimal adalah ukuran populasi sebesar 100, banyaknya generasi 1500, dan kombinasi cr dan mr sebesar 0,7 dan 0,3. Menurut Putri dkk. (2015) dalam penelitiannya menyebutkan bahwa ukuran populasi yang optimal sebesar 80, banyaknya generasi optimal adalah 2500, dan kombinasi cr dan mr sebear 0,4 dan 0,6. Berdasarkan kedua penelitian tersebut, pada penelitian ini digunakan ukuran populasi antara 80 sampai dengan 100, yaitu sebesar 90 populasi. Banyaknya generasi yang digunakan antara 1500 sampai dengan 2500,

yaitu sebanyak 2000 generasi dan kombinasi cr mr sebesar 0,6 dan 0,4.

Langkah pertama yang harus dilakukan untuk pengujian hasil adalah menghitung berat total muatan pada seluruh alat muat. Setelah diketahui berat total pada setiap alat muat, langkah selanjutnya adalah menghitung selisih berat. Dalam perhitungan kelebihan beban muatan dibutuhkan nilai karakteristik alat muat dan produk. Berikut merupakan proses perhitungan yang dilakukan untuk melakukan pengujian hasil.

1. Prosentase Selisih Beban Hasil Droping UD.TOSA

Berdasarkan proses droping yang dilakukan oleh UD.TOSA, praktek keseharian proses *droping* sudah memanfaatkan ruang alat muat dengan baik, produk yang dimuat tidak pernah melebihi kapasitas ruang yang dimiliki. Pada pengujian ini akan dilakukan pengujian terhadap kelebihan beban muatan pada setiap alat muat. Berdasarkan pengujian yang dilakukan, prosentase rata-rata sisa beban yang dihasilkan sebesar 0% karena tidak ada sisa beban yang dimiliki alat muat. Sedangkan pada kolom rata-rata kelebihan beban prosentasenya sebesar 38,36%. Hal ini dapat diartikan bahwa rata-rata kelebihan beban pada hasil droping UD.TOSA hampir mencapai separuh dari kapasitas beban maksimal alat muat.

2. Prosentase Selisih Beban Hasil Droping Sistem

Berdasarkan solusi droping yang dihasilkan oleh sistem, sistem yang dibuat memastikan untuk memaksimalkan kapasitas ruang tanpa melebihi beban maksimal alat muat. Pada pengujian ini akan dilakukan pengujian terhadap kelebihan beban muatan pada setiap alat muat untuk mengetahui apakah solusi yang dihasilkan oleh sistem lebih baik atau tidak.
Berdasarkan pengujian yang dilakukan, prosentase rata-rata sisa beban yang dihasilkan sebesar 0,5%, berarti setiap alat muat masih mampu menambung berat sebanyak 0,5% lagi dari beban maksimal. Sedangkan prosentase rata-rata kelebihan beban yang dihasilkan sebesar 0%. Hal ini membuktikan bahwa solusi yang dihasilkan sistem tidak melebihi kapasitas beban maksimal alat muat.

Tabel 1. Perbandingan Hasil

Droping	Rata-rata sisa beban (%)	Rata-rata kelebihan beban (%)
UD.TOSA	0	38.36148
Sistem	0.509926	0

Berdasarkan prosentase rata-rata kelebihan beban yang dihasilkan dari hasil *droping* UD.TOSA dan sistem maka dapat disimpulkan bahwa solusi *droping* yang dihasilkan oleh sistem lebih baik jika dibandingkan dengan hasil *droping* UD.TOSA

7. PENUTUP

Pemanfaatan algoritma genetika dalam penelitian ini menggunakan representasi kromosom *integer*, representasi kromosom berbentuk matrik dimana kolom merepresentasikan jenis produk dan baris merepresentasikan alat muat. Perhitungan nilai *fitness* pada penelitian ini adalah menghitung nilai maksimum daya muat. Teknik reproduksi yang digunakan adalah *one cut point crossover* dan *reciprocal exchange mutation.* Proses seleksi individu dalam populasi dilakukan dengan menggunakan teknik *elitism selection*.

Ukuran parameter algoritma genetika yang digunakan dalam penelitian ini sangat berpengaruh terhadap nilai *fitness* yang dihasikan. Hal tersebut berarti bahwa ukran parameter algoritma genetika dapat mempengaruhi kualitas solusi yang ihasilkan oleh sistem. Semakin banyak populasi dan generasi yang digunakan maka nilai fitness yang dihasilkan akan semakin tinggi. Dalam hal ini berarti bahwa semakin banyak populasi dan generasi yang digunakan maka pencrian solusi algoritma genetika akan semakin luas, namun semakin banyak populasi dan generasi yang digunakan juga dapat mengakibatkan lamanya waktu komputasi dan menyebabkan terjadinya konvergensi. Pada penelitian ini ukuran populasi yang digunakan sebesar 90 dan banyaknya generasi sebanyak 2000. Kombinasi nilai cr dan mr yang digunakan yaitu sebesar 0,6 dan 0,4. Pengaruh kombinasi nilai cr dan mr yaitu semakin besar nilai cr maka *fitness* yang dihasilkan akan semakin besar dan sebaliknya semakin besar nilai mr maka *fitness* yang dihasilkan akan semakin kecil.

Nilai *fitness* yang dihasilkan pada sistem dapat digunakan untuk mengukur kualitas

solusi yang dihasilkan. Semakin besar nilai fitness solusi maka semakin baik pula kualitas solusi tersebut. Berdasarkan pengujian perbandingan hasil yang telah dilakukan, dihasilkan prosentase kelebihan beban *droping* UD.TOSA sebesar 38,36% dan prosentase kelebihan beban *droping* sistem 0%. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa solusi yang dihasilkan oleh sistem lebih baik jika dibandingkan dengan hasil *droping* asli UD.TOSA. Solusi yang dihasilkan oleh sistem dapat dipastikan tidak melebihi kapasitas alat muat, hal ini dapat mengurangi resiko kerusakan alat muat sehingga frekuensi *maintenance* tidak terlalu sering.

Pada penelitian ini dapat ditambahkan konstrain baru yaitu peletakan produk, pada penelitian ini tidak memperhatikan posisi peletakan produk sehingga apabila ditambahkan konstrain berupa peletakan produk diharapkan solusi yang dihasilkan akan semakin baik.Penelitian ini dapat ditambahkan konstrain berupa target, pada penelitian ini belum memperhatikan target karena perhitungan optimasi daya muat menggunakan proporsi dan rasio. Optimasi 0/1 *multi-dimensional knapsack problem* pada kasus ini dapat dikembangkan kedalam kasus lain seperti pengiriman produk ke pelanggan.

DAFTAR PUSTAKA

Alfinda, L. A., Soebroto, A. A., & Regasari, R. 2014. Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Penerima JAMKESMAS Menggunakan Metode Weighted Product. *DORO: Repository Jurnal Mahasiswa PTIIK Universitas Brawijaya*, vol. 3, no. 6.

Ardiansyah, M. A. 2014. Penerapan Model Transportasi dan Distribusi Vogel's Approximation Method (VAM) dan Modified Distribution (MODI) pada UD. Tani Berdikari. *Repository Universitas Hasanudin*.

Ariastuti, P. R. 2015. Penerapan Algoritma Genetika dan Algoritma Harmony Search pada Permasalahan KNAPSACK 0-1. *Digital Repository Universitas Jember*.

Aristoteles, W. d. 2015. Evaluasi Kinerja Genetic Algorithm (GA) dengan Strategi Perbaikan Kromosom Studi Kasus: Knapsack Problem. *Jurnal Komputasi*, 162.

Dimyanti, D. A. 2004. *Operation Research : Model-model Pengambilan Keputusan.* Bandung: Sinar Baru Agesindo.

Gen, M., & Cheng, R. 2000. *Genetic Algorithm and Engineering Optimization.* New York: John Willey and Son.

Kato, K. 2003. Genetic Algorithms With Decomposition Procedures for Multidimensional 0-1 Knapsack Problems With Block Angular Structures. *IEEE Transactions On Systems, Man, And Cybernetics—Part B: Cybernetics*, Vol.33, No.3.

Mahmudy, WF 2014, Optimisation of Integrated Multi-Period Production Planning and Scheduling Problems in Flexible Manufacturing Systems (FMS) Using Hybrid Genetic Algorithms, *Thesis*, School of Engineering, University of South Australia.

Mahmudy, W. F. 2015. *Dasar-dasar Algoritma Evolusi.* Malang: Universitas Brawijaya.

Mian, Z. 2012. Meta-heuristics for Multidimensional Knapsack Problems. *4th International Conference on Computer Research and Development*.

Nugraha, D. C., & Mahmudy, W. F. 2015. Optimasi Vehicle Routing Problem with Time Windows pada Distribusi Katering Menggunakan Algoritma Genetika. *Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Seminar Nasional Sistem Informasi Indonesia (SESINDO)*, Surabaya, 2-3 November, pp. 275-282.

Panharesi, Y. G., & Mahmudy, W. F. 2015. Optimasi Distribusi Barang dengan Algoritma Genetika. *DORO: Repository Jurnal Mahasiswa PTIIK Universitas Brawijaya*, vol. 5, no. 11.

Prihastuti, M. D., Soebroto, A. A., & Regasari, R. 2014. Aplikasi Sistem Pakar Untuk Pendeteksi dan Penanganan Dini Pada Penyakat Sapi Dengan Metode Dempster-Shafer Berbasis Web. *DORO: Repository Jurnal Mahasiswa*

PTIIK Universitas Brawijaya, vol. 3, no. 6.

Putri, F. B., Mahmudy, W. F., & Ratnawati, D. E. 2015. Penerapan Algoritma Genetika Untuk Vehicle Routing Problem with Time Window (VRPTW) Pada Kasus Optimasi Distribusi Beras Bersubsidi. *DORO: Repository Jurnal Mahasiswa PTIIK Universitas Brawijaya*, vol. 5, no. 1.

Saputri, M. W., Mahmudy, W. F. & Ratnawati. 2015. Optimasi Vehicle Routing Problem with Time Window (VRPTW) menggunakan Algoritma Genetika pada Distribusi Darang. *DORO: Repository Jurnal Mahasiswa PTIIK Universitas Brawijaya*, vol. 5, no. 12.

Sulistiyorini, R., & Mahmudy, W. F. 2015. Penerapan Algoritma Genetika untuk Permasalahan Optimasi Distribusi Barang Dua Tahap. *DORO: Repository Jurnal Mahasiswa PTIIK Universitas Brawijaya*, vol. 5, no. 12.

Suyanto. 2007. *Artificial Intelligence Searching, Reasoning, Planning dan Learning*. Bandung: Informatika.

Triatmojo, W. G. (2017, Maret 10). *Overtonase Dan Apa Dampak Dari Muatan Berlebih Pada Truck Dan Jalan*. Diambil kembali dari Indotrucker: http://indotrucker.blogspot.com/2015/06/overtonase-dan-apa-dampak-dari-muatan.html

Tyas, R. A., Rahman, M. A., & Dewi, C. 2013. Implementasi Algoritma Genetika Untuk Optimasi 0/1 Multi-Dimensional Knapsack Problem Dalam Penentuan Menu Makanan Sehat. *DORO: Repository Jurnal Mahasiswa PTIIK Universitas Brawijaya*, vol. 1, no. 4.

Unal, A. N. 2013. A Genetic Algorithm for the Multiple Knapsack Problem in Dynamic Environment. *Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science 2013 Vol II*.

Lampiran 1

Tabel 1 Data Karakteristik Produk

No	Nama	Berat (Kg)	Volume (cm3)
1	Cleo 115 mL	9.5	25.725
2	Cleo 250 mL	10	37.975
3	Cleo 550 mL	9	16.275
4	Cleo 1500 mL	10.5	77.175
5	Teh Gelas	5	7.986
6	Ake Gelas 120 mL	6	4.5
7	Ake Gelas 220 mL	6	4.5
8	Ale-ale	5	7.986
9	Teh Rio	5	7.986
10	Jusica	4.5	9.9

Tabel 2. Data Karakteristik Alat Muat

No.	Merek	Jenis	Kapasitas Beban Max (Kg)	Kapasitas Ruang Max (cm^3)	Jumlah Armada (unit)
1	HINO	WU342R-HKMRHD3/110HD	10000	10000	2
2	TOYOTA	DYNA 110 FT	8000	25375	6
3	MITSUBISHI	COLT DIESEL FE74S (4X2) M/T	7500	25269	1

LAMPIRAN 2

Hasil Droping UD.TOSA

Muatan	Cleo 115 mL	Cleo 250 mL	Cleo 550 mL	Cleo 1500 mL	Teh Gelas	Ake Gelas 120 mL	Ake Gelas 220 mL	Ale-ale	Teh Rio	Jusica
WU342R-HKMRHD3/110HD	308	248	83	96	150	173	65	139	127	101
WU342R-HKMRHD3/110HD	90	216	164	130	122	237	181	117	151	14
DYNA 110 FT	475	16	55	80	549	0	46	55	194	329
DYNA 110 FT	128	138	172	0	379	360	20	146	95	163
DYNA 110 FT	290	85	184	0	563	320	244	109	0	87
DYNA 110 FT	202	291	122	17	0	173	410	32	108	266
DYNA 110 FT	509	153	0	119	165	320	378	58	70	37
DYNA 110 FT	223	238	164	19	461	148	100	160	84	24
COLT DIESEL FE74S (4X2) M/T	231	183	101	98	230	277	129	115	62	136

Hasil Droping Sistem

Muatan	Cleo 115 mL	Cleo 250 mL	Cleo 550 mL	Cleo 1500 mL	Teh Gelas	Ake Gelas 120 mL	Ake Gelas 220 mL	Ale-ale	Teh Rio	Jusica
Hino 110 HD	63	66	3	100	61	515	0	226	259	190
Hino 110 HD	146	8	34	56	247	264	47	406	278	60
Toyota Dyana 110 FT	106	141	71	89	268	71	14	113	5	81
Toyota Dyana 110 FT	92	36	2	84	52	349	12	227	217	112
Toyota Dyana 110 FT	107	158	128	23	10	30	112	124	45	241
Toyota Dyana 110 FT	236	131	13	102	62	168	48	75	35	180
Toyota Dyana 110 FT	66	14	196	87	121	176	53	83	57	67
Toyota Dyana 110 FT	119	6	137	97	20	168	20	97	114	249
Mitsubishi Colt Disel	191	38	136	39	41	187	108	82	135	24