

**HIBRIDISASI ALGORITME PARTICLE SWARM OPTIMIZATION
(PSO)-VARIABLE NEIGHBOURHOODS SEARCH (VNS) UNTUK
PERENCANAAN PRODUKSI AGREGAT MULTI-SITE
PADA INDUSTRI TEKSTIL RUMAHAN**

TESIS

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Magister Komputer

Disusun oleh :
AGUNG MUSTIKA RIZKI
166150100111026

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



**PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU KOMPUTER
JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2018**



PENGESAHAN

**HIBRIDISASI ALGORITME PARTICLE SWARM OPTIMIZATION
(PSO)-VARIABLE NEIGHBOURHOODS SEARCH (VNS) UNTUK
PERENCANAAN PRODUKSI AGREGAT MULTI-SITE
PADA INDUSTRI TEKSTIL RUMAHAN**

TESIS

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Magister Komputer

Disusun oleh :

AGUNG MUSTIKA RIZKI

166150100111026

Tesis ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada :

3 Agustus 2018

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Wayan Firdaus Mahmudy, S.Si, M.T, Ph.D

NIP. 19720919 199702 1 001

Ishardita Pambudi Tama, S.T, M.T, Ph.D

NIP. 19730819 199903 1 002

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Informatika

Tri Astoto Kurniawan, S.T, M.T, Ph.D

NIP. 19710518 200312 1 001

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam naskah Tesis ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam naskah ini serata disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Tesis ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur plagiasi, saya bersedia Tesis ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (Magister) dibatalkan serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, Pasal 25 Ayat 2 dan Pasal 70).

Malang, 8 Agustus 2018

Agung Mustika Rizki

166150100111026



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan tesis ini dengan judul “Hibridisasi Algoritme Particle Swarm Optimization (PSO) - Variable Neighbourhoods Search (VNS) untuk Perencanaan Produksi Agregat Multi-Site pada Industri Tekstil Rumahan” yang diajukan untuk menempuh ujian akhir Program Studi Magister Ilmu Komputer.

Dalam menyelesaikan penulisan tesis ini tidak terlepas dari peran serta dukungan berbagai pihak. Pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Wayan Firdaus Mahmudy, S.Si, M.T, Ph.D dan Bapak Ishardita Pambudi Tama, S.T, M.T, Ph.D; selaku dosen pembimbing penulis yang selalu memberikan perbaikan serta arahan dengan sangat baik selama proses pengerjaan tesis ini.
2. Bapak Achmad Basuki, S.T, M.MG, Ph.D; Bapak Tri Astoto Kurniawan, S.T, M.T, Ph.D dan Bapak Dr. Eng. Fitra Abdurrachman Bachtiar, S.T, M.T; selaku dosen penguji pada saat seminar proposal tesis dan ujian akhir tesis yang selalu memberikan kritik dan saran agar kualitas tesis ini meningkat.
3. Ayah, Ibu, Om Agus, Om Widodo, Tante Yuni dan seluruh keluarga besar penulis; yang selalu mendoakan serta memberikan dukungan baik secara moril maupun materil.
4. Gusti Eka Yuliasuti; yang selalu membantu penulis kapanpun dan dimanapun mulai dari awal pengerjaan tesis hingga akhirnya dinyatakan lulus ujian.
5. Teman-teman Magister Ilmu Komputer FILKOM UB, MCS [4.0], Grup Riset Sistem Cerdas, GP Family, TIF M, Kos 504 L dan teman-teman lainnya yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan tesis ini masih banyak terdapat kekurangan. Untuk itu, penulis menyampaikan permohonan maaf sebelumnya, serta diharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dalam penyempurnaan di masa mendatang.

Malang, 8 Agustus 2018

Penulis

agungmustikarizki@gmail.com

ABSTRAK

Perencanaan produksi agregat merupakan tahapan penting dalam proses produksi oleh perusahaan karena tahap perencanaan tersebut akan memengaruhi tahap selanjutnya. Kesalahan yang terjadi pada tahap perencanaan akan berakibat fatal karena sangat erat kaitannya dengan biaya produksi yang dikeluarkan oleh perusahaan. Akan sangat krusial apabila perusahaan memiliki beberapa lokasi cabang produksi atau selanjutnya dapat disebut sebagai *multi-site*. Aturan yang berlaku serta nilai parameter pada setiap cabang produksi tentu akan berbeda dengan cabang produksi lainnya, hal tersebut menimbulkan permasalahan tersendiri bagi perusahaan selain permasalahan permintaan konsumen yang tidak menentu. Permasalahan ini cukup rumit dan sangat penting untuk diselesaikan.

Penulis melakukan penelitian untuk menyelesaikan permasalahan yang dihadapi oleh perusahaan tersebut dengan menerapkan metode usulan yakni hibridisasi *Particle Swarm Optimization* (PSO) dan *Variable Neighbourhood Search* (VNS). Algoritme PSO dipilih karena memiliki kelebihan dalam melakukan pencarian solusi lokal dan global optimum. Tetapi pencarian lokal optimum kurang maksimal karena pergerakan partikel pada PSO bisa melompat terlalu jauh. Dengan demikian penulis menambahkan Algoritme VNS untuk mengatasi kekurangan tersebut. Penambahan ini bertujuan agar pencarian solusi lokal optimum pada PSO lebih baik. Metode usulan ini menghasilkan biaya produksi rata-rata sebesar Rp 2.694.642.550,-. Hasil ini lebih baik dibandingkan dengan metode lain.

Kata kunci : agregat, hibridisasi, *multi-site*, *particle swarm optimization*, perencanaan, produksi, *variable neighbourhood search*

DAFTAR ISI

PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR PERSAMAAN	x
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Tujuan	5
1.4. Manfaat	5
1.5. Batasan Masalah	5
1.6. Sistematika Pembahasan	5
BAB 2 LANDASAN KEPUSTAKAAN	7
2.1. Perencanaan Agregat Produksi	7
2.1.1. Tinjauan Perencanaan Agregat	7
2.1.2. Strategi Perencanaan Agregat	8
2.1.3. Fungsi Perencanaan Agregat	9
2.1.4. Tujuan Perencanaan Agregat	9
2.1.5. Masukan dalam Perencanaan Agregat	10
2.1.6. Keluaran untuk Perencanaan Agregat	10
2.2. Deskripsi Permasalahan	10
2.3. Penelitian Terkait	14
2.4. Algoritme <i>Particle Swarm Optimization</i>	15
2.5. Algoritme <i>Variable Neighborhoods Search</i>	18
2.6. Mekanisme <i>Hybrid</i>	19
BAB 3 METODOLOGI	21
3.1. Metodologi Penelitian	21
3.2. Studi Literatur	21
3.3. Pengumpulan Data	21

3.4.	Perodelan Metode.....	23
3.5.	Pengujian dan Analisis.....	23
BAB 4 PERANCANGAN.....		25
4.1.	Formulasi Permasalahan.....	25
4.2.	Penyusunan Representasi Solusi.....	26
4.3.	Penyusunan Algoritme Hibridisasi.....	29
4.4.	Perancangan Pengujian Parameter Algoritme.....	33
BAB 5 PENGUJIAN.....		35
5.1.	Pengujian Parameter Particle Swarm Optimization.....	35
5.2.	Pengujian Parameter Variable Neighbourhoods Search.....	39
BAB 6 ANALISIS HASIL.....		43
6.1.	Permasalahan Algoritme <i>Hybrid</i>	43
6.2.	Solusi untuk Permasalahan.....	43
6.3.	Analisis Hasil Metode <i>Hybrid</i>	44
BAB 7 PENUTUP.....		47
7.1	Kesimpulan.....	47
7.2	Saran.....	47
DAFTAR PUSTAKA.....		48
Lampiran 1 Tabel Data Permintaan.....		50
Lampiran 2 Tabel Pengujian.....		53
2.1	Pengujian PSO.....	53
2.2	Pengujian VNS.....	59
Lampiran 3 Tabel Produksi.....		62
Lampiran 4 Tabel Agregat.....		64
Lampiran 5 Grafik Perbandingan Permintaan dan Produksi.....		70

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Produksi Stabil.....	1
Gambar 1.2 Produksi Sesuai Permintaan.....	2
Gambar 2.1 Skema Kegiatan Perencanaan Agregat.....	9
Gambar 2.2 Pseudocode Struktur Umum Algoritme PSO.....	17
Gambar 2.3 Ilustrasi Algoritme PSO.....	17
Gambar 2.4 Pseudocode VNS.....	19
Gambar 3.1 Tahapan Penelitian.....	21
Gambar 3.2 Pemodelan Metode.....	23
Gambar 4.1 Skema Produksi Multi-Site.....	25
Gambar 4.2 Representasi Solusi (Partikel).....	26
Gambar 4.3 Contoh Partikel 1 <i>Region</i>	27
Gambar 4.4 <i>Flowchart</i> Hybrid PSO-VNS bag. 1.....	30
Gambar 4.5 <i>Flowchart</i> Hybrid PSO-VNS bag. 2.....	31
Gambar 4.6 Inisialisasi Swarm.....	32
Gambar 4.7 Solusi Sebelum Tahap Shaking.....	32
Gambar 4.8 Solusi Sesudah Tahap Shaking.....	32
Gambar 4.9 Solusi sebelum Tahap Local Search.....	33
Gambar 4.10 Solusi sesudah Tahap Local Search.....	33
Gambar 5.1 Grafik Pengujian Jumlah Partikel.....	35
Gambar 5.2 Waktu Komputasi Pengujian Partikel.....	36
Gambar 5.3 Pengujian Iterasi.....	36
Gambar 5.4 Waktu Komputasi Pengujian Iterasi.....	37
Gambar 5.5 Pengujian Nilai Bobot.....	38
Gambar 5.6 Pengujian Kombinasi Koefisien Akselerasi.....	39
Gambar 5.7 Pengujian Nilai Tetangga (k).....	40
Gambar 5.8 Waktu Komputasi Pengujian Nilai Tetangga.....	40
Gambar 5.9 Pengujian Nilai Iterasi VNS.....	41
Gambar 5.10 Waktu Komputasi Pengujian Nilai Iterasi.....	41
Gambar 6.1 Simulasi Permasalahan.....	43
Gambar 6.2 Perbandingan Hasil Solusi.....	44
Gambar 6.3 Grafik Perbandingan Hasil.....	45

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Contoh Data <i>Region 1</i>	22
Tabel 3.2 Data Kriteria 1	22
Tabel 3.3 Data Kriteria 2	22
Tabel 4.1 Contoh Perencanaan Agregat	25
Tabel 4.2 Keterangan istilah	26
Tabel 4.3 Prediksi Penjualan	27
Tabel 4.4 Perhitungan Perencanaan Agregat Produksi	27
Tabel 4.5 Faktor Produksi Agregat <i>Region 1</i>	28
Tabel 6.1 Pengujian 1-5	44
Tabel 6.2 Pengujian 6-10	45
Tabel 6.3 Tabel Agregat 1 <i>Region</i>	46



DAFTAR PERSAMAAN

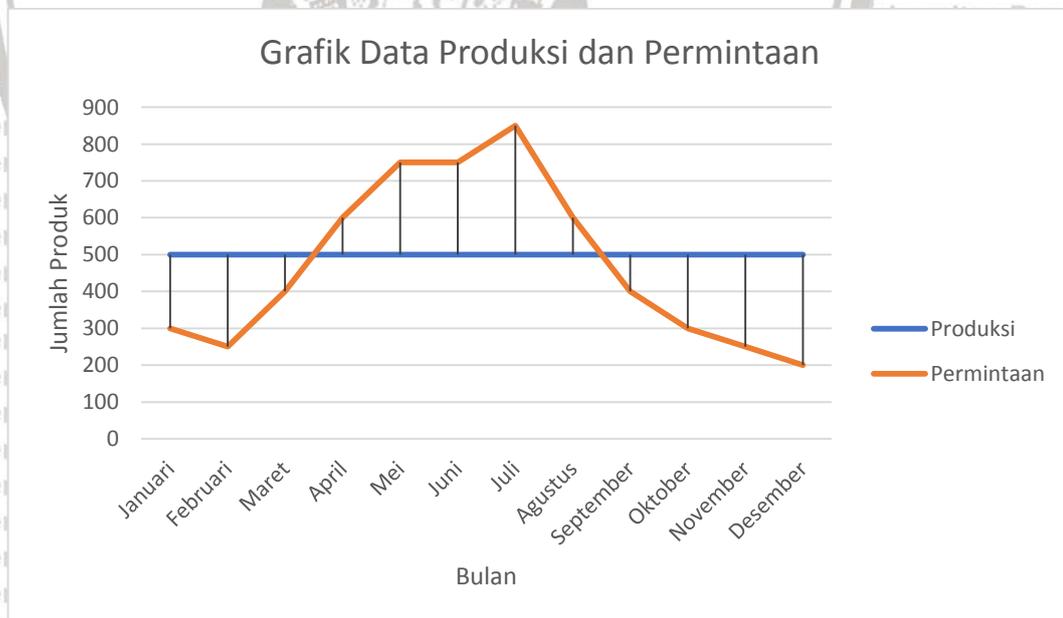
Persamaan 1 Rumus <i>Update</i> Kecepatan.....	16
Persamaan 2 Rumus <i>Update</i> Posisi.....	16
Persamaan 3 Rumus Perhitungan <i>Cost</i>	28



BAB 1 PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

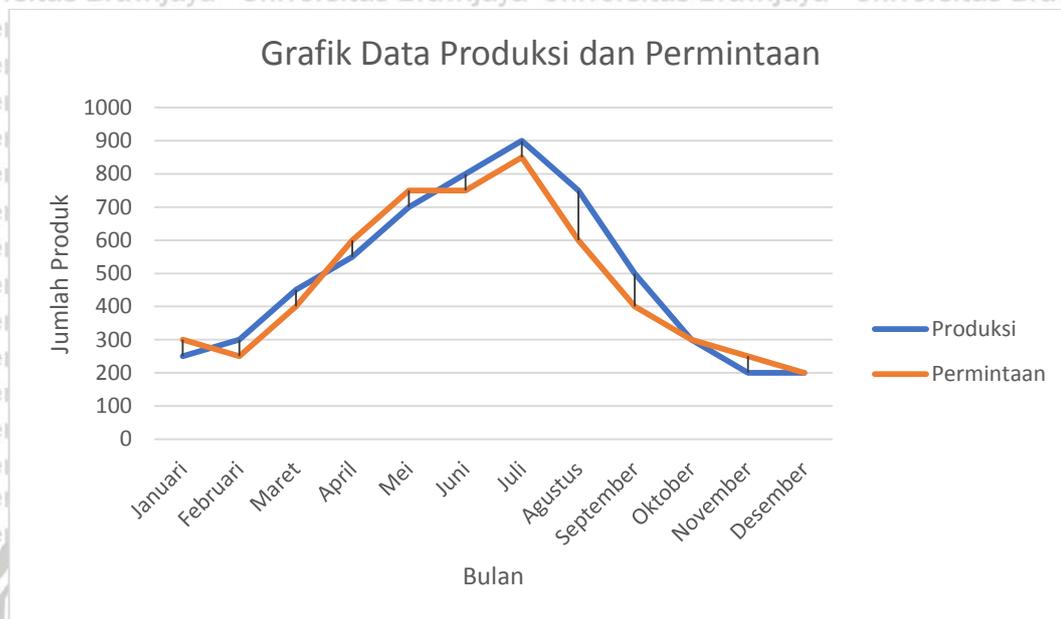
Indonesia merupakan negara dengan ekonomi yang berkembang pesat di kawasan Asia Tenggara. Hal ini tidak lepas dari banyaknya perusahaan/industri melihat pasar di Indonesia cukup menjanjikan. Disamping itu pemerintah juga berperan aktif dalam mendukung pergerakan industri dalam negeri. Salah satu industri yang terus berkembang saat ini adalah industri tekstil. Hal ini disebabkan karena industri tekstil merupakan bagian pokok dari kebutuhan hidup manusia. Namun di bidang industri terdapat beberapa kendala rumit. Salah satu dari permasalahan tersebut adalah pelaku industri harus merencanakan proses produksi dengan tepat untuk menghadapi permintaan pasar yang sering berubah-ubah. Fluktuasi permintaan ini terjadi karena beberapa faktor diantaranya daya beli masyarakat, perkembangan ekonomi dan munculnya pelaku industri baru pada bidang tekstil. Dengan demikian pelaksanaan produksi harus dilakukan dengan efisien agar tidak berlebihan atau kekurangan. Untuk itu dibutuhkan perencanaan produksi agar permintaan konsumen terpenuhi dengan baik. Dalam hal ini perencanaan produksi agregat dapat dilakukan untuk menghasilkan proses produksi yang efisien tersebut.



Gambar 1.1 Produksi Stabil

Pada Gambar 1.1 dapat dilihat pelaksanaan proses produksi stabil tanpa mempertimbangkan permintaan pasar. Strategi ini memaksimalkan produksi selama satu tahun dengan menitikberatkan pada proses penyimpanan. Namun

dalam strategi ini biaya penyimpanan harus dipertimbangkan karena dapat menyebabkan pembengkakan biaya sehingga perusahaan tidak dapat memperoleh keuntungan yang maksimal. Disamping itu daya tahan suatu produk dalam penyimpanan juga harus diperhatikan.



Gambar 1.2 Produksi Sesuai Permintaan

Strategi produksi lain dijelaskan pada Gambar 1.2. Strategi ini lebih mempertimbangkan permintaan pasar sebagai acuan dalam melaksanakan proses produksi. Pada prakteknya strategi ini memiliki beberapa kendala diantaranya pemaksimalan pegawai dan waktu kerja. Ketika permintaan melonjak ataupun turun maka perusahaan harus melakukan efisiensi pekerja dan waktu kerja dengan penambahan pegawai, pengurangan pegawai ataupun penambahan waktu lembur. Hal tersebut tentu saja dapat merugikan perusahaan dalam hal jika tidak ada kebijakan yang tepat.

Dari beberapa strategi tersebut, setiap perusahaan memiliki kebijakannya sendiri. Dalam hal ini industri tekstil rumahan sebagai objek penelitian memiliki permasalahan dalam proses produksinya seperti digambarkan pada Gambar 1.1 dan Gambar 1.2. Industri ini memiliki beberapa tempat produksi yang tersebar di area Jawa Timur. Dengan lokasi yang berbeda tentu saja strategi produksi yang digunakan akan semakin rumit karena harus mempertimbangkan biaya di beberapa daerah tersebut. Untuk perencanaan produksi agregat *multi-site* diperlukan untuk menyelesaikan permasalahan tersebut.

Perencanaan produksi agregat adalah perencanaan yang bertujuan untuk menentukan jumlah produksi, persediaan, karyawan, tingkat lembur, dan tingkat kepuasan permintaan yang berujung pada biaya minimum atau keuntungan

maksimal (Saracoglu, Arslan, and Turkay 2015). Pada tahap awal perencanaan produksi agregat adalah memperkirakan permintaan konsumen sebagai masukan dari proses perencanaan. Selanjutnya diperhitungkan juga ketersediaan bahan, pekerja, waktu produksi dan biaya yang dibutuhkan. Seperti masalah kombinatorial pada umumnya penyelesaian permasalahan ini cukup rumit. Disamping itu penyelesaian dengan cara biasa membutuhkan tenaga, pikiran dan waktu yang tidak sebentar untuk mendapatkan hasil yang paling optimal. Saat ini pelaku industri cenderung menggunakan perencanaan produksi dengan metode sederhana seperti *Linier Programming* dan *Goal Programming* (Nafisah, Sutrisno, and Hutagaol 2016). Metode tersebut dianggap cukup efektif namun terkadang kesalahan kecil karena faktor manusia dapat menyebabkan kerugian bagi pihak perusahaan. Untuk itu dibutuhkan sebuah sistem yang dapat merencanakan agregat produksi sehingga dapat dicapai keuntungan optimal.

Sebelumnya terdapat penelitian perencanaan produksi agregat pada perusahaan penghasil tembakau rajang yang memiliki permintaan berfluktuasi. Beberapa strategi yang dipakai diantaranya *Chase Strategy*, *Level Strategy* dan *Hybrid Strategy* yang kemudian menghasilkan strategi agregat terpilih adalah *Hybrid Strategy*. Strategi ini menunjukkan total biaya produksi paling minimum sebesar Rp 34.309.781.219, dimana biaya produksi mengalami penghematan sebesar Rp 234.376.086 dari biaya produksi awal perusahaan (Octavianti et al. 2012). Beberapa algoritme meta-heuristik dapat dijadikan solusi untuk menyelesaikan masalah ini. Salah satunya adalah algoritme *Particle Swarm Optimization* dan *Variable Neighbourhood Search*.

Particle Swarm Optimization adalah algoritme berbasis populasi yang memiliki sejumlah n partikel. Setiap hipotesis solusi dari permasalahan akan diwakili oleh partikel-partikel tersebut. Masing-masing partikel mengubah posisi terhadap waktu. Pada sistem PSO, partikel terbang mengitar ruang pencarian multi dimensional dan menyesuaikan posisinya berdasarkan pengalaman pribadinya dan pengalaman partikel kelompok (Mahmudy 2015a). Selanjutnya *Variable Neighbourhood Search* (VNS) adalah algoritme yang berpedoman pada pencarian lokal. Teknik ini menghasilkan sebuah solusi baru dengan menjelajah lingkup eksplorasi pada setiap perulangan. Proses untuk menentukan solusi awal menggunakan teknik *neighbourhood*. Mekanisme ini merupakan inti dari algoritme VNS dengan mengeksplorasi solusi awal/sementara dengan beberapa operator seperti penyisipan dan pertukaran (Mahmudy 2015b).

Selanjutnya terdapat penelitian lain yang dilakukan oleh Mahmudy dkk. (Mahmudy 2015a) membahas penyelesaian permasalahan pada *Flexible Manufacturing System* (FMS). Yang pertama menggunakan *Improved Particle*

Swarm Optimization dan yang kedua menggunakan *Variable Neighborhood Search* (VNS). Dari penelitian tersebut membuktikan bahwa algoritme yang dipakai efektif untuk menyelesaikan permasalahan kombinatorial (Mahmudy 2015b).

Berdasarkan pemaparan yang telah dibahas sebelumnya, disimpulkan bahwa dengan memanfaatkan metode *Particle Swarm Optimization* (PSO) dan *Variable Neighbourhood Search* (VNS) dapat menyelesaikan permasalahan sejenis yang terstruktur. Oleh karena itu, dengan keadaan dan permasalahan yang ada seperti pada studi kasus mendorong penulis untuk membuat sebuah gagasan yakni merancang suatu sistem guna mendapatkan solusi yang optimal. Solusi dapat dikatakan optimal ketika biaya produksi dapat mencapai nilai seminimal mungkin. Hal tersebut menjadi latar belakang penulis untuk menyajikan penelitian ini dengan melakukan hibridisasi algoritme *Particle Swarm Optimization* (PSO) dan *Variable Neighbourhood Search* (VNS) pada permasalahan perencanaan produksi agregat guna mengoptimalkan jumlah produksi pada industri tekstil rumahan. Metode PSO secara mandiri juga dapat mengatasi permasalahan tersebut, namun perpindahan partikel yang terjadi pada PSO dapat mengakibatkan pencarian lokal kurang mendetail sehingga diperlukan metode tambahan untuk memperbaiki hal tersebut. Dengan menambahkan metode VNS, masalah sebelumnya dapat teratasi karena VNS memiliki kelebihan mampu melakukan pencarian lokal secara lebih detail. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan dampak yang positif pada bidang industri sehingga mampu menghasilkan perencanaan produksi agregat yang optimal dan sesuai dengan kebutuhan industri saat ini.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian, maka didapatkan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana memodelkan permasalahan agregat produksi pada Hibridisasi Algoritme *Particle Swarm Optimization* (PSO) - *Variable Neighbourhoods Search* (VNS)?
2. Bagaimana mekanisme Hibridisasi Algoritme *Particle Swarm Optimization* (PSO) - *Variable Neighbourhoods Search* (VNS) pada perencanaan produksi agregat?
3. Bagaimana hasil dari Hibridisasi Algoritme *Particle Swarm Optimization* (PSO) - *Variable Neighbourhoods Search* (VNS) pada permasalahan perencanaan produksi agregat?

1.3. Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dibuat, dapat disimpulkan tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memodelkan permasalahan perencanaan produksi agregat pada Hibridisasi Algoritme *Particle Swarm Optimization* (PSO) - *Variable Neighbourhoods Search* (VNS).
2. Merancang mekanisme Hibridisasi Algoritme *Particle Swarm Optimization* (PSO) - *Variable Neighbourhoods Search* (VNS) pada permasalahan perencanaan produksi agregat.
3. Menguji Hibridisasi Algoritme *Particle Swarm Optimization* (PSO) - *Variable Neighbourhoods Search* (VNS) sebagai solusi permasalahan perencanaan produksi agregat.

1.4. Manfaat

Manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat membantu para pelaku industri untuk dapat merencanakan proses agregat produksi dengan baik sehingga dihasilkan keuntungan yang optimal.

1.5. Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, penulis memberikan batasan terkait sumber data yang digunakan yakni sebagai berikut:

1. Data diperoleh dari industri tekstil rumahan yang kemudian disebut sebagai PT. X.
2. Data permintaan diambil dalam kurun waktu 12 bulan.
3. Jumlah wilayah cakupan (*region*) yang dijadikan studi kasus sebanyak 6 *region*.
4. Bahasan penelitian ini adalah optimasi perencanaan produksi agregat.

1.6. Sistematika Pembahasan

Sistematika penulisan laporan tesis ini disesuaikan dengan tata cara penulisan tesis Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya.

Bab I Pendahuluan

Pendahuluan berisi gambaran umum tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan dan manfaat, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

Bab II Landasan Kepustakaan

Landasan kepustakaan berisi tentang penelitian terdahulu, teori mengenai perencanaan agregat produksi, Hibridisasi Algoritme *Particle Swarm Optimization* (PSO) - Variable Neighbourhoods Search (VNS) yang melandasi penyusunan dan perancangan dalam pembuatan tesis.

Bab III Metode Penelitian

Metode penelitian menguraikan tentang metode, membahas analisis kebutuhan dan perancangan Hibridisasi Algoritme *Particle Swarm Optimization* (PSO) - Variable Neighbourhoods Search (VNS).

Bab IV Perancangan

Perancangan membahas tentang perancangan spesifikasi sistem dan antar muka sistem.

Bab V Implementasi

Implementasi membahas tentang implementasi spesifikasi sistem, batasan implementasi, dan implementasi antar muka sistem.

Bab VI Pengujian dan Analisis

Pengujian dan Analisis berisi proses dan hasil pengujian terhadap sistem yang telah direalisasikan.

Bab VII Penutup

Penutup berisi kesimpulan dan saran atas hasil perancangan sistem terintegrasi yang terkait langsung dengan topik yang dibahas.

BAB 2 LANDASAN KEPUSTAKAAN

2.1. Perencanaan Agregat Produksi

Perencanaan agregat (*aggregate planning*) adalah perencanaan kapasitas berjangka menengah yang biasanya mencakup waktu 2 hingga 12 bulan. Perencanaan ini khususnya berguna untuk perusahaan dengan permintaan yang tidak menentu, berubah-ubah atau fluktuatif. Tujuan dari perencanaan agregat adalah untuk membuat sebuah rencana produksi dengan menggunakan sumber daya perusahaan guna memenuhi permintaan secara efektif. Perencanaan yang dilakukan mengambil keputusan dengan mempertimbangkan tingkat hasil, tingkat pekerjaan dan perubahan pekerjaan, tingkat persediaan dan perubahan dalam persediaan, pesanan tertunda, dan melakukan subkontrak ke dalam atau keluar (Chuong, Stevenson, and Angelica 2014).

Perencanaan agregat pada dasarnya adalah sebuah pendekatan secara umum dari sebuah perencanaan produksi. Pada proses perencanaan produksi ini tidak hanya berfokus kepada satu atau dua jenis produk saja melainkan akan mengelompokkan semua produk dan menanganinya sebagai satu produk tunggal. Secara umum perencanaan agregat berkaitan erat dengan proses anggaran. Oleh karena itu, perencanaan produksi memang sangat penting dan cukup krusial karena dapat membantu menyelaraskan aliran di sepanjang rantai pasokan. Perencanaan produksi ini dipengaruhi oleh beberapa parameter antara lain: biaya, penggunaan perlengkapan, tingkat pekerjaan dan kepuasan pelanggan (Chuong, Stevenson, and Angelica 2014).

2.1.1. Tinjauan Perencanaan Agregat

Terdapat proses peramalan dalam perencanaan agregat. Peramalan ini bertujuan untuk mendapatkan hasil prediksi permintaan dari konsumen pada periode yang akan datang. Prediksi ini akan dijadikan acuan dalam melakukan produksi. Peramalan adalah proses untuk memperkirakan berapa kebutuhan di waktu yang akan datang meliputi kebutuhan dalam ukuran kuantitas, kualitas, waktu dan lokasi yang dibutuhkan guna memenuhi permintaan (Nasution 2003).

Menurut Heizer dan Render (2010), suatu perencanaan agregat berarti menggabungkan sumber daya yang tepat ke dalam jangka waktu tertentu. Dengan peramalan permintaan, kapasitas produksi, tingkat persediaan, jumlah pekerja dan masukan yang saling berhubungan, perencana harus memilih tingkat keluaran untuk produksi selama 3 hingga 18 bulan mendatang. Perencanaan agregat merupakan bagian dari sistem perencanaan produksi yang lebih besar. Oleh karena itu, sangatlah bermanfaat untuk dapat memahami hubungan antara

rencana serta beberapa factor baik secara internal maupun eksternal yang dapat mempengaruhi perencanaan agregat.

2.1.2. Strategi Perencanaan Agregat

Terdapat beberapa pilihan strategi agregat menurut Heizer dan Render (2010). Lima pilihan pertama disebut pilihan kapasitas sebab pilihan ini tidak berusaha mengubah permintaan, tetapi untuk menyesuaikan permintaan. Tiga pilihan terakhir adalah pilihan permintaan dimana perusahaan berusaha mengurangi perubahan pola permintaan selama periode perencanaan.

A. Pilihan Kapasitas

Sebuah perusahaan dapat memilih pilihan kapasitas dasar berikut.

- a) Mengubah tingkat persediaan.
- b) Mengubah-ubah jumlah pekerja dengan mempekerjakan atau memberhentikan orang.
- c) Mengubah-ubah tingkat produksi melalui lembur atau waktu kosong.
- d) Subkontrak.
- e) Penggunaan karyawan paruh waktu.

B. Pilihan Permintaan

Berikut pilihan permintaan yang mendasar.

- a) Memengaruhi permintaan.
- b) Tunggakan pesanan selama periode permintaan tinggi.
- c) Bauran produk dan layanan yang melawan tren musiman.

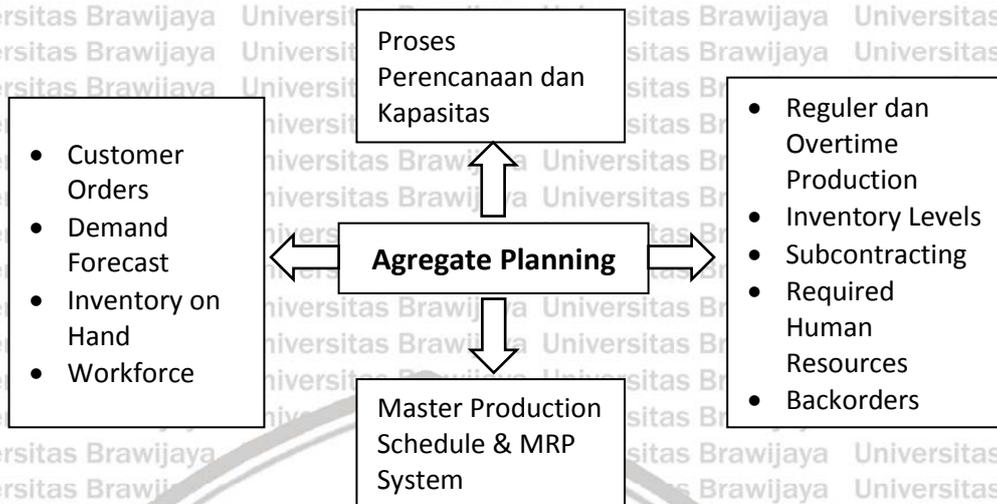
C. Pencampuran Pilihan

Meskipun lima pilihan kapasitas dan tiga pilihan permintaan dapat menghasilkan penjadwalan produksi agregat yang efektif, beberapa kombinasi diantara pilihan kapasitas dan pilihan permintaan mungkin akan lebih baik.

- a) Strategi Perburuan (*Chase Strategy*).
- b) Strategi tingkat atau penjadwalan tingkat (*Level Strategy*).

Pada penelitian ini, penulis menggunakan pencampuran pilihan dikarenakan adanya beberapa hal penting yang dipertimbangkan antara lain: mengubah tingkat produksi, mengubah jumlah pekerja dengan pekerja paruh waktu dan subkontrak, mengubah tingkat persediaan serta adanya tren musiman pada tiap periodenya.

Skema kegiatan perencanaan produksi agregat ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Skema Kegiatan Perencanaan Agregat

2.1.3. Fungsi Perencanaan Agregat

Terdapat beberapa fungsi perencanaan agregat menurut Sukendar dan Kristomi (2012), antara lain:

- Menemukan metode yang tepat agar dapat digunakan sebagai strategi perusahaan dalam menghadapi jumlah permintaan yang fluktuatif, sehingga dapat meminimalisir biaya produksi perusahaan.
- Memberikan jaminan rencana penjualan dan rencana produksi secara konsisten terhadap rencana strategi perusahaan.
- Menjadi alat untuk mengukur performa dari strategi perencanaan produksi perusahaan.
- Memberikan jamina atas kemampuan produksi yang konsisten terhadap rencana produksi perusahaan.
- Mengawasi hasil produk aktual terhadap rencana produksi perusahaan.
- Melakukan pengaturan persediaan produk jadi untuk mencapai target perusahaan.
- Memberikan pengarahan untuk penyusunan dan pelaksanaan jadwal induk produksi perusahaan.

2.1.4. Tujuan Perencanaan Agregat

Menurut Sukendar dan Kristomi (2012), perencanaan Agregat memiliki beberapa bertujuan, yakni sebagai berikut:

- Mengembangkan perencanaan produksi yang layak untuk mencapai keseimbangan antara permintaan dan suplai dengan meminimalisir biaya

produksi yang dibuat, walaupun parameter biaya bukanlah satu-satunya untuk dijadikan sebagai bahan pertimbangan.

2. Sebagai masukan perencanaan sumber daya sehingga perencanaan sumber daya dikembangkan untuk mendukung perencanaan produksi.
3. Menstabilkan kapasitas produksi dan jumlah pekerja terhadap permintaan yang fluktuatif.

Sedangkan menurut Harjanto (2008), tujuan dari perencanaan agregat itu adalah untuk melakukan suatu pengembangan dari rencana produksi secara menyeluruh yang layak dan optimal.

2.1.5. Masukan dalam Perencanaan Agregat

Menurut Sukendar dan Kristomi (2012), informasi yang diperlukan dan dimasukkan dalam membuat perencanaan agregat yang efektif adalah sebagai berikut:

- a) Sumber daya yang tersedia sepanjang periode rencana produksi harus diketahui dengan jelas.
- b) Data permintaan yang berasal dari peramalan dan pesanan yang kemudian diterjemahkan kedalam tingkat produksi.
- c) Memasukkan aturan atau standar pada perusahaan yang berkenaan dengan perencanaan agregat, misalnya perubahan tingkat pekerja, dan penentuan kebutuhan sumber daya.

2.1.6. Keluaran untuk Perencanaan Agregat

Menurut Sukendar dan Kristomi (2012), keluaran dari proses perencanaan agregat biasanya berupa jadwal produksi untuk pengelompokan produk berdasarkan "famili". Misalnya untuk produsen mobil, keluarannya memberikan informasi mengenai berapa mobil yang harus diproduksi, tetapi bukan pada berapa mobil yang bermerk A, jenis B maupun tipe C. Jadi berupa jumlah keseluruhan keluaran yang dihasilkan tiap periode tertentu bukan berdasarkan tipe atau jenisnya.

2.2. Deskripsi Permasalahan

Studi kasus pada penelitian ini adalah sebuah perusahaan tekstil rumahan yang memiliki beberapa cabang produksi *regional* di beberapa kota di Jawa Timur. Permasalahan yang dihadapi oleh perusahaan ini selain permintaan konsumen yang fluktuatif adalah terdapat perbedaan terkait kapasitas produksi dan juga aturan standar pada masing-masing cabang produksi *regional*. Perhitungan perencanaan produksi agregat pada satu cabang tentu tidak sama

dengan cabang lainnya, hal ini yang perlu diperhatikan agar tidak terjadi pembengkakan biaya produksi pada semua cabang. Permasalahan ini bukanlah hal sederhana yang dapat diselesaikan dalam waktu yang singkat karena harus mempertimbangkan banyak parameter di dalamnya agar didapatkan solusi yang optimal.

Adapun parameter yang digunakan untuk dipertimbangkan menurut Erfanian dan Pirayesh (2016) antara lain: biaya produksi untuk produksi pada saat waktu reguler (cpi), biaya produksi untuk produksi pada saat waktu lembur (coi), biaya penyimpanan untuk setiap produk (cii), biaya *backorder* untuk setiap produk (cbi), biaya pekerja dalam satuan waktu t (cwt), biaya untuk merekrut pekerja (cht), biaya untuk merumahkan pekerja (clt), jumlah pekerja dalam satuan periode t (tt), banyaknya kegagalan yang terjadi pada mesin m (mjm), permintaan produk i pada satuan waktu t (dit), waktu pengerjaan untuk setiap produk i (ai), waktu yang diperlukan mesin untuk setiap produk i (bim), fraksi pekerja reguler yang tersedia (fw), batas maksimal pekerja pada satuan periode t ($wtmax$), batas maksimal kapasitas pada satuan periode t ($capmt$), biaya pemeliharaan mesin (cpm), biaya pemeliharaan darurat (ccm), variabel biner untuk kegagalan mesin produksi (kjm), waktu yang dibutuhkan untuk pemeliharaan (spm), waktu yang dibutuhkan untuk pemeliharaan darurat (scm), jumlah hari kerja dimana terjadi kegagalan (ajm), jumlah produk yang diproduksi pada waktu reguler (pit), jumlah produk yang diproduksi pada waktu lembur (oit), penyimpanan produk akhir (iit), level *backorder* untuk produk i pada satuan periode t (bit), level pekerja untuk produk i pada satuan periode t (wt), jumlah pekerja yang direkrut (ht), jumlah pekerja yang dirumahkan (lt), variabel biner untuk pemeliharaan mesin (xpm) dan variabel z . Variabel z yang mereka gunakan ini merupakan suatu variabel yang dihasilkan dari perhitungan dengan mempertimbangkan semua parameter yang ada.

Lain halnya dengan penelitian yang dilakukan oleh Moghaddam dan Safaei (2006), mereka mempertimbangkan beberapa parameter masukan yakni sebagai berikut: jumlah periode dalam perencanaan (t), prediksi permintaan pada satuan periode t (dt), penyimpanan awal (io), level pekerja awal ($w0$), batas maksimal untuk penyimpanan ($imax$), batas maksimal *backorder* ($bmax$), batas maksimal merekrut pekerja ($hmax$), batas maksimal merumahkan pekerja ($fmax$), batas maksimal produksi pada waktu reguler ($rmax$), batas maksimal produksi pada waktu lembur ($omax$), batas maksimal produksi pada subkontrak ($smax$), biaya produksi pada waktu reguler (rt), biaya produksi pada waktu lembur (ot), biaya produksi pada subkontrak (st), biaya merekrut pekerja (ht), biaya merumahkan pekerja (ft), biaya penyimpanan produk pada satuan periode t (ct) dan jumlah peker untuk memproduksi satuan produk i (k). Hasil keluaran yang mereka dapat yakni beberapa parameter sebagai berikut: produksi pada waktu reguler (rt), produksi pada waktu lembur (ot), produksi pada subkontrak (st),

pekerja yang direkrut (ht), pekerja yang dirumahkan (ft), penyimpanan (it) dan juga total produksi agregat pada satuan waktu t (pt).

Pada penelitian ini digunakan parameter yang memang dipertimbangkan pada perusahaan antara lain: jumlah pekerja (n), jumlah produksi rata-rata tiap pekerja dalam 1 hari pada waktu reguler (rt),), jumlah produksi rata-rata tiap pekerja dalam 1 hari pada waktu lembur (ot),), jumlah produksi rata-rata tiap pekerja dalam 1 hari pada subkontrak (sc), batas maksimal pekerja subkontrak (msc), biaya produksi pada waktu reguler (brt), biaya produksi pada waktu lembur (bot), biaya produksi pada subkontrak (bsc), jumlah pekerja yang direkrut (rp), jumlah produksi rata-rata tiap pekerja baru dalam 1 hari (prp), biaya merekrut pekerja (brp), jumlah pekerja yang dirumahkan (mp), biaya merumahkan pekerja (bmp), jumlah produksi pada penyimpanan (i) dan biaya penyimpanan untuk tiap produk i (bi).

Terdapat beberapa aturan baku terkait parameter produksi pada masing-masing cabang produksi. Beberapa parameter produksi tersebut antara lain: waktu kerja, biaya produksi *regular time*, biaya produksi *overtime*, biaya produksi *subcontract*, biaya penyimpanan, biaya perekrutan pekerja baru, biaya merumahkan pekerja, dan lain sebagainya.

Pada cabang *regional* pertama terdapat pekerja sejumlah 4 orang, batas maksimal pekerja *subcontract* sejumlah 2 orang, rata-rata produksi pekerja *regular time* sebanyak 13 produk, rata-rata produksi pekerja *overtime* sebanyak 4 produk, rata-rata produksi pekerja *subcontract* sebanyak 13 produk, batas maksimal penyimpanan sebanyak 4000 produk, batas minimal produksi sebanyak 500 produk, biaya untuk pekerja *regular time* sebesar Rp. 23.000,- pada tiap produknya, biaya untuk pekerja *overtime* sejumlah Rp. 24.000,- pada tiap produknya, biaya untuk pekerja *subcontract* sejumlah Rp. 22.000,- pada tiap produknya.

Pada cabang *regional* kedua terdapat pekerja sejumlah 6 orang, batas maksimal pekerja *subcontract* sejumlah 3 orang, rata-rata produksi pekerja *regular time* sebanyak 12 produk, rata-rata produksi pekerja *overtime* sebanyak 3 produk, rata-rata produksi pekerja *subcontract* sebanyak 12 produk, batas maksimal penyimpanan sebanyak 6000 produk, batas minimal produksi sebanyak 700 produk, biaya untuk pekerja *regular time* sebesar Rp. 20.000,- pada tiap produknya, biaya untuk pekerja *overtime* sejumlah Rp. 21.000,- pada tiap produknya, biaya untuk pekerja *subcontract* sejumlah Rp. 19.000,- pada tiap produknya.

Pada cabang *regional* ketiga terdapat pekerja sejumlah 5 orang, batas maksimal pekerja *subcontract* sejumlah 2 orang, rata-rata produksi pekerja *regular time* sebanyak 13 produk, rata-rata produksi pekerja *overtime* sebanyak 4 produk, rata-rata produksi pekerja *subcontract* sebanyak 13 produk, batas

maksimal penyimpanan sebanyak 5000 produk, batas minimal produksi sebanyak 600 produk, biaya untuk pekerja *regular time* sebesar Rp. 19.000 ,- pada tiap produknya, biaya untuk pekerja *overtime* sejumlah Rp. 20.000 ,- pada tiap produknya, biaya untuk pekerja *subcontract* sejumlah Rp. 18.000 ,- pada tiap produknya.

Pada cabang *regional* keempat terdapat pekerja sejumlah 8 orang, batas maksimal pekerja *subcontract* sejumlah 4 orang, rata-rata produksi pekerja *regular time* sebanyak 12 produk, rata-rata produksi pekerja *overtime* sebanyak 3 produk, rata-rata produksi pekerja *subcontract* sebanyak 12 produk, batas maksimal penyimpanan sebanyak 7000 produk, batas minimal produksi sebanyak 900 produk, biaya untuk pekerja *regular time* sebesar Rp. 18.000 ,- pada tiap produknya, biaya untuk pekerja *overtime* sejumlah Rp. 19.000 ,- pada tiap produknya, biaya untuk pekerja *subcontract* sejumlah Rp. 17.000 ,- pada tiap produknya.

Pada cabang *regional* kelima terdapat pekerja sejumlah 7 orang, batas maksimal pekerja *subcontract* sejumlah 3 orang, rata-rata produksi pekerja *regular time* sebanyak 13 produk, rata-rata produksi pekerja *overtime* sebanyak 4 produk, rata-rata produksi pekerja *subcontract* sebanyak 13 produk, batas maksimal penyimpanan sebanyak 6000 produk, batas minimal produksi sebanyak 700 produk, biaya untuk pekerja *regular time* sebesar Rp. 20.000 ,- pada tiap produknya, biaya untuk pekerja *overtime* sejumlah Rp. 21.000 ,- pada tiap produknya, biaya untuk pekerja *subcontract* sejumlah Rp. 19.000 ,- pada tiap produknya.

Pada cabang *regional* keenam terdapat pekerja sejumlah 6 orang, batas maksimal pekerja *subcontract* sejumlah 3 orang, rata-rata produksi pekerja *regular time* sebanyak 12 produk, rata-rata produksi pekerja *overtime* sebanyak 3 produk, rata-rata produksi pekerja *subcontract* sebanyak 12 produk, batas maksimal penyimpanan sebanyak 5000 produk, batas minimal produksi sebanyak 600 produk, biaya untuk pekerja *regular time* sebesar Rp. 21.000 ,- pada tiap produknya, biaya untuk pekerja *overtime* sejumlah Rp. 22.000 ,- pada tiap produknya, biaya untuk pekerja *subcontract* sejumlah Rp. 20.000 ,- pada tiap produknya.

Terdapat kesamaan pada keenam cabang *regional* produksi tersebut yakni biaya penyimpanan sebesar Rp. 500 ,- pada tiap produknya, biaya merekrut pekerja baru sebesar Rp. 2.400.000 ,- sedangkan biaya untuk merumahkan pekerja adalah sebesar Rp. 500.000 ,-. Satuan nilai yang digunakan untuk menghitung kerugian apabila terdapat nilai penyimpanan (*inventory*) yang minus yakni dikalikan dengan biaya sebesar Rp. 50.000 ,- untuk tiap produknya.

2.3. Penelitian Terkait

Penelitian terkait perencanaan produksi agregat ataupun penggunaan algoritme yang sama untuk penyelesaian permasalahan optimasi telah dilakukan sebelumnya. Sukendar and Kristomi (2012) melakukan penelitian perencanaan agregat untuk meminimasi biaya perusahaan. Dalam penelitian tersebut tiga metode heuristik dicoba antara lain: metode pengendalian pekerja, metode campuran-*subcontract* dan metode campuran-*overtime*. Ketiga metode tersebut diimplementasikan untuk menyelesaikan kasus pada salah satu industri makanan. Berdasarkan hasil penelitian tersebut didapatkan hasil bahwa metode campuran-*overtime* merupakan metode terbaik dengan total biaya agregat paling minimum sebesar Rp 768.701.544, selanjutnya metoda pengendalian pekerja dengan total biaya agregat sebesar Rp. 807.934.676 dan metode campuran-*subcontract* dengan total biaya agregat sebesar Rp. 854.596.500.

Selanjutnya Octavianti dkk. (2012) melakukan penelitian tentang perencanaan agregat untuk perusahaan/industri yang memiliki permintaan fluktuatif. Strategi yang digunakan pada penelitian tersebut antara lain *Chase Strategy*, *Level Strategy* dan *Hybrid Strategy*. Dari penelitian tersebut didapatkan hasil bahwa *Hybrid Strategy* yang memberikan total biaya produksi paling minimum sebesar Rp 34.309.781.219, dimana biaya produksi mengalami penghematan sebesar Rp 234.376.086 dari biaya produksi awal perusahaan. Perencanaan produksi agregat untuk satu tahun ke depan memberikan perkiraan biaya produksi sebesar Rp 36.058.349.808.

Penerapan algoritme *Particle Swarm* dilakukan oleh Mahmudy dkk. (2015a) untuk menyelesaikan permasalahan pemilihan tipe bagian mesin pada *Manufacturing System* (FMS). Dari uji coba yang telah dilakukan algoritme PSO terbukti efektif untuk menangani masalah kombinatorial atau optimasi tersebut.

Selain algoritme PSO, Mahmudy dkk. (2015b) juga melakukan penelitian terkait pemilihan tipe bagian mesin pada Flexible Manufacturing System (FMS) juga menggunakan algoritme yang berbeda. Algoritme yang digunakan pada penelitian ini adalah *Variable Neighbourhood Search* (VNS). VNS terbukti dapat meningkatkan kinerja FMS dengan mempertimbangkan dua tujuan, memaksimalkan *throughput* sistem dan menjaga keseimbangan sistem. Nilai objektif yang dihasilkan dibandingkan dengan nilai optimum yang dihasilkan dengan metode *branch-and-bound*. Penelitian ini menunjukkan bahwa VNS cukup efektif dalam mengatasi permasalahan serupa.

Dari penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dapat disimpulkan bahwa permasalahan perencanaan agregat penting untuk diselesaikan. Metode PSO dapat menyelesaikan permasalahan optimasi seperti nilai produksi pada perencanaan produksi agregat. Namun pada PSO terdapat kekurangan yakni pencarian lokalnya kurang maksimal. Untuk mengatasi

permasalahan pada PSO tersebut, maka penulis akan menambahkan VNS untuk memperbaiki pencarian lokal pada PSO.

2.4. Algoritme *Particle Swarm Optimization*

Particle Swarm Optimization (PSO) merupakan metode yang terinspirasi dari sifat alami sekelompok binatang seperti burung, rayap, lebah atau semut. Algoritme PSO mencontoh sifat alami beberapa organisme tersebut. Sifat ini terdiri dari kebiasaan yang dilakukan dalam kegiatan sehari-hari dan juga pengaruh individu satu terhadap individu-individu lainnya dalam suatu populasi. Kata “partikel” merujuk pada individu, contohnya seekor burung dalam populasi burung. Setiap individu atau partikel tersebut saling terhubung dengan kecerdasannya (*intelligence*) masing-masing dan juga dipengaruhi oleh perilaku kelompok lain dalam populasinya. Dengan adanya kondisi tersebut, jika salah satu partikel mendapatkan jalur yang efektif atau lebih pendek menuju ke sumber makanan, maka partikel lainnya juga akan mengikuti jalur tersebut meskipun lokasi awal mereka jauh dari kelompok tersebut. (Cholissodin dan Riyandani 2016).

Metode untuk optimasi berbasis kecerdasan partikel ini juga disebut sebagai algoritme *behaviorally inspired* dapat menjadi salah satu alternatif selain algoritme genetika yang memang populer dengan *evolution-based procedures*. Untuk pertama kali algoritme PSO ini diusung oleh J. Kennedy dan R. C. Eberhart pada tahun 1995. Terkait dengan optimasi *multi-variable*, kelompok tersebut dapat diartikan memiliki ukuran tertentu atau tetap dimana setiap partikel posisi awalnya terdapat pada suatu lokasi secara acak dalam ruang multi dimensi. Setiap partikel memiliki dua karakteristik yakni posisi dan kecepatan.

Pada PSO terdapat tiga komponen penting antara lain: partikel, komponen kognitif dan komponen sosial, serta kecepatan partikel. Pada setiap partikel tersebut mewakili solusi dari suatu permasalahan yang dihadapi. Pembelajaran untuk partikel terdiri dari dua faktor yakni pengalaman partikel (*cognitive learning*) dan kombinasi pembelajaran dari keseluruhan *swarm* (*social learning*). *Cognitive learning* sebagai **pBest** yaitu posisi terbaik yang pernah dicapai suatu partikel, sedangkan *social learning* sebagai **gBest** yaitu posisi terbaik dari keseluruhan partikel dalam *swarm*. Parameter **pBest** dan **gBest** berfungsi untuk menghitung kecepatan partikel dan juga kecepatan untuk menghitung posisi partikel selanjutnya (Cholissodin dan Riyandani 2016).

Terdapat beberapa factor penyusun pada algoritme PSO menurut Cholissodin dan Riyandani (2016), antara lain sebagai berikut:

- a) **Swarm**, merupakan jumlah partikel dalam suatu populasi. Ukuran *swarm* bergantung pada seberapa kompleks permasalahan yang akan

diselesaikan. Secara umum, ukuran *swarm* pada algoritme PSO cenderung lebih kecil jika dibandingkan dengan algoritme evolusioner lainnya dalam melakukan pencarian solusi terbaik.

- b) **Partikel**, merupakan suatu individu dalam suatu *swarm* yang merepresentasikan solusi untuk menyelesaikan permasalahan. Setiap partikel memiliki posisi dan kecepatan yang ditentukan oleh representasi solusi tersebut.
- c) **Personal best (pBest)**, merupakan posisi terbaik yang pernah dicapai oleh partikel dengan membandingkan nilai *cost* pada posisi partikel saat ini dengan sebelumnya. Personal best dipersiapkan untuk mendapatkan solusi terbaik.
- d) **Global Best (gBest)**, merupakan posisi terbaik partikel yang diperoleh dengan membandingkan nilai *cost* terbaik dari keseluruhan partikel dalam *swarm*.
- e) **Kecepatan (velocity)**, v merupakan vektor yang menentukan arah perpindahan posisi partikel. Perubahan *velocity* dilakukan setiap iterasi dengan tujuan memperbaiki posisi partikel semula.
- f) **Bobot inersia (inertia weight)**, w digunakan untuk mengontrol dampak dari perubahan *velocity* yang diberikan oleh partikel.
- g) **Koefisien akselerasi**, merupakan faktor pengontrol sejauh mana partikel berpindah dalam satu iterasi. Secara umum nilai koefisien akselerasi $C1$ dan $C2$ adalah sama yaitu dalam rentang 0 sampai 4. Namun demikian, nilai tersebut dapat ditentukan sendiri untuk setiap penelitian berbeda.

Selanjutnya rumus yang digunakan pada algoritme PSO disajikan dalam

Persamaan 1 dan Persamaan 2 berikut:

Rumus update kecepatan (velocity):

$$v_{i,j}^{t+1} = w \cdot v_{i,j}^t + c_1 \cdot r_1 (Pbest_{i,j}^t - x_{i,j}^t) + c_2 \cdot r_2 (Gbest_{g,j}^t - x_{i,j}^t) \quad (1)$$

Persamaan 1 Rumus Update Kecepatan

Rumus update posisi:

$$x_{i,j}^{t+1} = x_{i,j}^t + v_{i,j}^t \quad (2)$$

Persamaan 2 Rumus Update Posisi

Pada Gambar 2.2 disajikan *pseudo-code* sebagai struktur umum algoritme

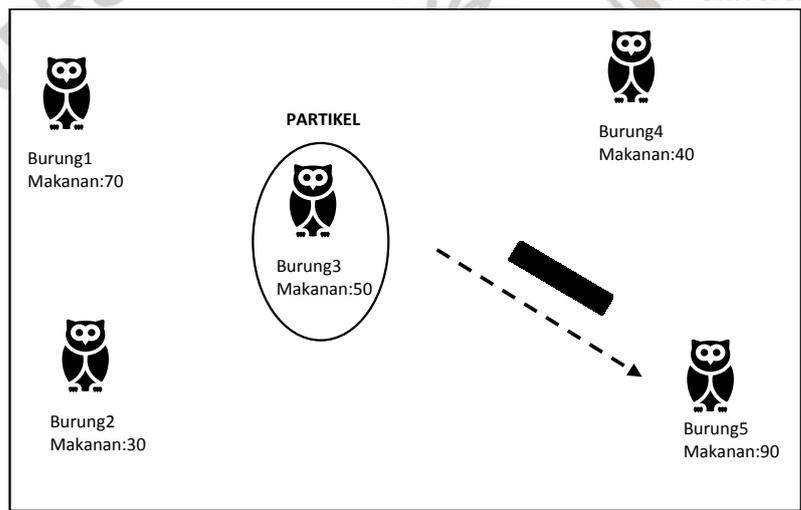
PSO:

```

procedure AlgoritmaPSO
begin
  t = 0
  inisialisasi posisi partikel ( $x_{i,j}^t$ ), kecepatan ( $v_{i,j}^t$ ),  $Pbest_{i,j}^t = x_{i,j}^t$ ,
  hitung fitness tiap partikel, dan  $Gbest_{g,j}^t$ 
  do
    t = t + 1
    update kecepatan  $v_{i,j}(t)$ 
    update posisi  $x_{i,j}(t)$ 
    hitung fitness tiap partikel
    update  $Pbest_{i,j}(t)$  dan  $Gbest_{g,j}(t)$ 
  while (bukan kondisi berhenti)
end
  
```

Gambar 2.2 Pseudocode Struktur Umum Algoritme PSO

Untuk lebih mempermudah, ilustrasi gambaran algoritme PSO ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Ilustrasi Algoritme PSO

Pada hakikatnya setiap partikel akan menemukan sumber makanannya masing-masing. Setelah itu satu dengan partikel lain akan saling bertukar informasi mengenai sumber makanan tersebut. Partikel yang memiliki sumber makanan rendah akan bergerak mengikuti partikel lain yang memiliki sumber makanan lebih baik. Informasi yang dipertimbangkan juga mencakup jarak dari posisi semula dengan sumber makanannya. Siklus ini akan terus berulang hingga setiap partikel mendapatkan hasil yang terbaik.

2.5. Algoritme *Variable Neighborhoods Search*

Variable Neighborhoods Search (VNS) adalah suatu algoritme yang menerapkan proses pencarian solusi berdasarkan ketetanggaan baik yang jauh maupun dekat sehingga dapat kemungkinan besar menghasilkan solusi yang terbaik. Pencarian solusi pada ketetanggaan yang jauh diartikan sebagai pencarian dengan sistem *random* sehingga bisa menjangkau cakupan masalah dengan skala yang besar (Fauziah dan Mahmudy 2017). Pada tahun 1997, Hansen dan Mladenovic mengusulkan *Variable Neighborhood Search* (VNS) sebagai algoritme yang berbasis metaheuristik. VNS mengeksplor tetangga dari solusi *incumbent* mutakhir. Sebagian besar solusi yang sudah pada nilai optimal akan disimpan dan digunakan untuk mendapatkan solusi tetangga yang menjanjikan (Mladenovic dan Hansen, 1997). Metaheuristik yang sederhana dan efektif dapat diperoleh melalui pemrosesan perubahan sistematis dalam pencarian lokal (*local search*).

Alur dari VNS diawali dengan inisialisasi solusi kemudian *shaking*, *local search* dan memilih *move or not* (Hansen dan Mladenovic, 2001). Iterasi VNS terus dilakukan menggunakan teknik *local search* dimana pada setiap iterasi teknik tersebut mengeksplor ruang pencarian solusi dari titik baru yang ditentukan dengan struktur ketetanggaan. Struktur ketetanggaan ini berfungsi untuk menghasilkan calon solusi baru dengan merubah solusi awal (Mahmudy 2015b). Solusi yang telah mengalami perubahan akan digunakan sebagai calon solusi apabila telah terjadi peningkatan kualitas solusi yang lebih baik. Alur yang digunakan pada VNS sebagian besar menggunakan iterasi hingga menemui suatu kondisi berhenti yang memuaskan. Nilai *Kmax* yang besar akan memberikan solusi yang lebih baik meskipun membutuhkan waktu komputasi yang tinggi (Mahmudy 2015b). Alur proses secara umum dalam proses VNS ditunjukkan pada Gambar 2.4.

```

PROCEDURE VNS
INPUT :
    xtemp, lgmax
OUTPUT :
    x
x sebagai solusi awal;
Atur ketetangaan dengan lg={1,2,...,lgmax)
lg = 1;
WHILE lg< lgmax do
    xtemp = Acak x
    xlokal= Local(xtemp)
    IF (f(xlokal) > f(x)) then
        x = xlokal
        lg = 1
    ELSE
        lg = lg+1;
    ENDIF
END WHILE
Mengembalikan nilai x sebagai solusi terbaik

```

Gambar 2.4 Pseudocode VNS

Struktur Algoritme VNS

Menurut Fauziah dan Mahmudy (2017) pada penelitiannya terdapat beberapa faktor penyusun algoritme VNS, antara lain:

- a. **Nilai Solusi**, merupakan nilai awal yang merepresentasikan solusi dari sebuah permasalahan. Nilai solusi ini dibangkitkan secara acak.
- b. **Nilai k**, merupakan nilai ketetangaan yang diperhitungkan pada proses dalam menghasilkan solusi.
- c. **Teknik Shaking**, merupakan teknik yang digunakan untuk menghasilkan solusi baru. Nilai pada sebuah solusi akan ditukar/diacak secara *random*.
- d. **Teknik Local Search**, teknik ini juga digunakan untuk menghasilkan solusi baru setelah melewati proses *shaking*. Pada *local search*, beberapa nilai pada solusi akan diubah sejumlah *n* sesuai dengan nilai yang telah ditentukan diawal.

2.6. Mekanisme Hybrid

Ada beberapa mekanisme yang dapat dilakukan untuk membuat hibridisasi metode. Metode yang dipilih penulis adalah PSO dan VNS. Kedua metode tentu memiliki keunggulannya masing-masing. PSO lebih unggul dalam menemukan solusi global optimal sedangkan VNS lebih unggul dalam pencarian solusi lokal optimal. Terdapat penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Naba dkk. (2014) yakni melakukan Hibridisasi *Fuzzy C-Means* (FCM) dan *Particle Swarm Optimization* (PSO). Pemilihan kedua metode ini dilakukan dengan tujuan untuk menguatkan keunggulan masing-masing metode. Pada prosesnya FCM-PSO bekerja bergantian dan saling mendukung untuk mendapatkan solusi optimal.

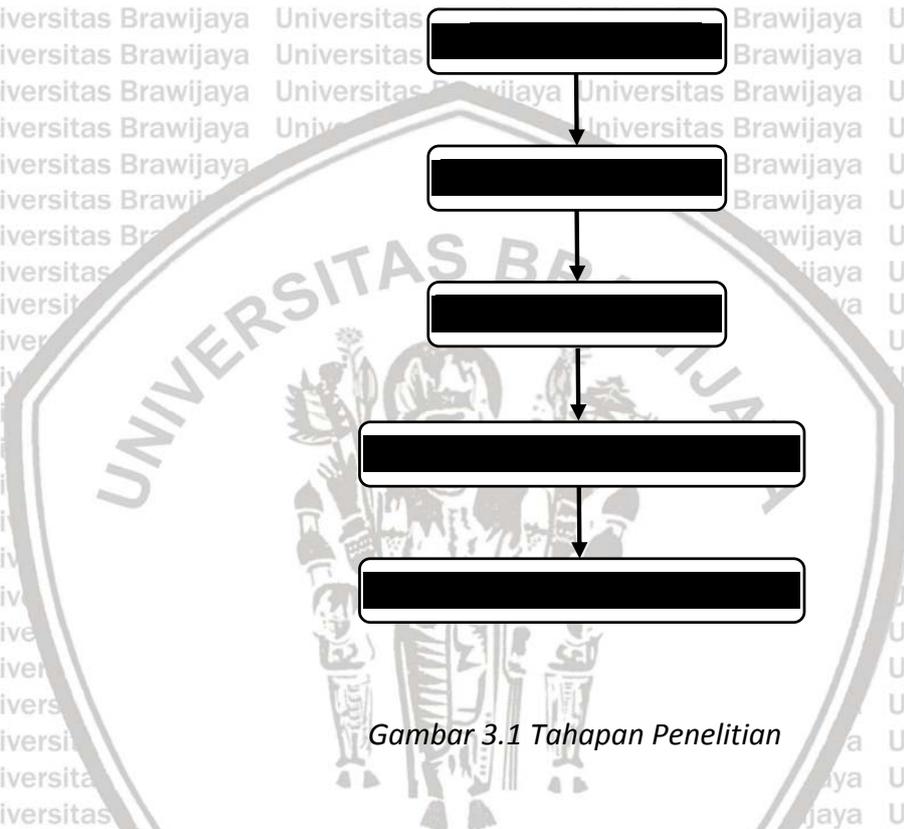
Dari penelitian sebelumnya, mekanisme hibridisasi dengan bekerja secara bergantian dan saling mendukung dapat memperoleh hasil yang baik. Untuk itu pada penelitian ini penulis menyusun hibridisasi PSO dan VNS dengan cara kerja yang bergantian. Algoritme PSO akan bekerja sebagai metode utama. Hal ini mengacu pada PSO yang unggul dalam pencarian global optimum. Dari proses PSO kemudian dilanjutkan dengan algoritme VNS. Algoritme VNS akan bekerja memperbaiki setiap solusi (partikel) dari algoritme PSO. Penerapan 2 algoritme ini dilakukan secara bergantian dengan tujuan agar hibridisasi dapat mengeksplorasi ruang pencarian global dan ruang pencarian lokal secara lebih detail.



BAB 3 METODOLOGI

3.1. Metodologi Penelitian

Penelitian ini merupakan suatu penerapan metode usulan untuk menyelesaikan permasalahan perencanaan produksi agregat dengan studi kasus pada satu perusahaan industri tekstil rumahan. Tahapan penelitian yang dilakukan tersebut ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Tahapan Penelitian

3.2. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan mengumpulkan informasi terkait permasalahan perencanaan produksi agregat beserta metode-metode yang dapat digunakan sebagai solusi. Disamping itu analisis metode usulan dari penelitian terdahulu serta jurnal ilmiah juga dilakukan guna menyelesaikan permasalahan perencanaan produksi agregat.

3.3. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan oleh penulis pada industri tekstil di Kota Surabaya dengan metode wawancara. Penelitian ini berfokus pada permasalahan perencanan produksi agregat *multi-site*. Industri tekstil ini memiliki beberapa

daerah produksi di Jawa Timur dengan proses produksi setiap bulan dalam rentang waktu satu tahun.

Tabel 3.1 Contoh Data *Region 1*

Produksi	Bulan	Ukuran							
		2	3	4	5	S	M	L	XL
1	Agustus	30	7	35	87	162	123	190	105
	September	0	0	39	75	69	61	50	19
	Oktober	0	33	80	148	134	96	134	29
	November	0	0	115	215	188	191	130	63
	Desember	13	13	20	83	114	112	68	52
	Januari	5	12	63	160	182	135	110	44
	February	10	10	87	166	160	126	125	93
	Maret	30	90	230	244	345	200	102	73
	April	0	47	181	176	152	182	174	85
	Mei	50	227	260	227	133	141	135	96
	Juni	134	647	662	616	500	364	296	177
	Juli	60	577	565	764	786	588	531	146

Dari Tabel 3.1 didapatkan data masing-masing ukuran yang kemudian dijumlah berdasarkan bulan. Dari penjumlahan tersebut akan didapatkan nilai permintaan selama 12 bulan. Nilai permintaan ini yang akan dijadikan acuan dalam menentukan nilai produksi.

Tabel 3.2 Data Kriteria 1

pekerja	pekerjaSC	produksiRT	produksiOT	produksiSC	maxInventori	minProduksi
4	2	13	4	13	10000	1000
6	3	12	3	12	13000	2500
5	2	13	4	13	20000	3500
8	4	12	3	12	8000	1800
7	3	13	4	13	15000	3000
6	3	12	3	12	25000	5500

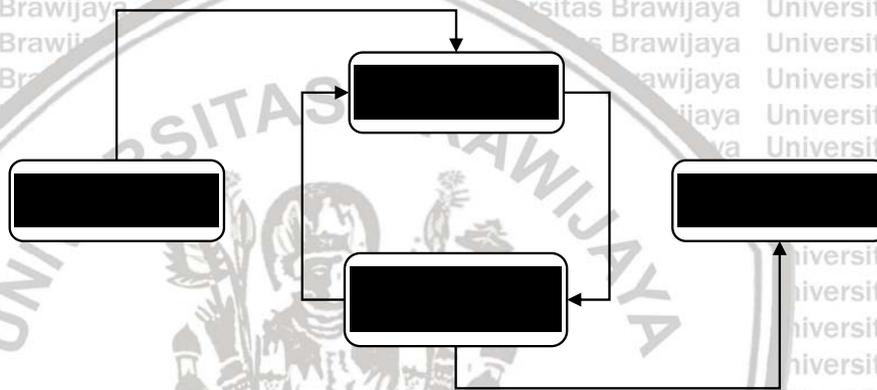
Tabel 3.3 Data Kriteria 2

biayaRT	biayaOT	biayaSC	biayaLT	biayaRugi	biayaFT	biayaHT
23000	24000	22000	500	30000	500000	2400000
20000	21000	19000	500	30000	500000	2400000
19000	20000	18000	500	30000	500000	2400000
18000	19000	17000	500	30000	500000	2400000
20000	21000	19000	500	30000	500000	2400000
21000	22000	20000	500	30000	500000	2400000

Dari hasil pengumpulan data juga diperoleh data kriteria/kondisi dari setiap daerah produksi/*region*. Setiap baris pada Tabel 3.2 dan 3.3 mewakili sebuah rumah produksi.

3.4. Pemodelan Metode

Pada tahap ini dimaksudkan untuk membangun model metode yang diusulkan. Data masukan berasal dari 6 *regional* produksi dengan 12 bulan proses produksi. Selanjutnya setiap produksi akan disesuaikan berdasarkan 6 fitur yakni biaya produksi *regular time* (*rt*), biaya produksi *over time* (*ot*), biaya produksi *subcontracting* (*st*), biaya perekrutan pekerja (*ht*), biaya pemberhentian pekerja (*ft*) dan jumlah persediaan (*it*).



Gambar 3.2 Pemodelan Metode

Pada Gambar 3.2 menunjukkan alur proses hibridisasi secara umum. Data masukan awal akan diproses dengan Algoritme PSO kemudian dilakukan perbaikan menggunakan Algoritme VNS. Proses ini akan berhenti sampai batas yang sudah ditentukan dan menghasilkan keluaran solusi.

3.5. Pengujian dan Analisis

Pengujian dan analisis komputasi diperlukan untuk mengukur seberapa baik solusi yang ditawarkan. Beberapa pengujian disiapkan sebagai acuan penilaian seberapa baik sebuah solusi. Pada bagian ini terdapat 2 skema pengujian, yakni sebagai berikut:

a) Pengujian Operator Algoritme Hibridisasi

Pada pengujian ini beberapa operator pada algoritme *Particle Swarm Optimization* (PSO) dan *Variable Neighbourhoods Search* (VNS) diuji untuk mendapatkan nilai operator terbaik. Operator ini akan digunakan untuk

mendapatkan solusi optimal pada Hibridisasi Algoritme *Particle Swarm Optimization* (PSO) dan *Variable Neighbourhoods Search* (VNS).

b) Pengujian Solusi

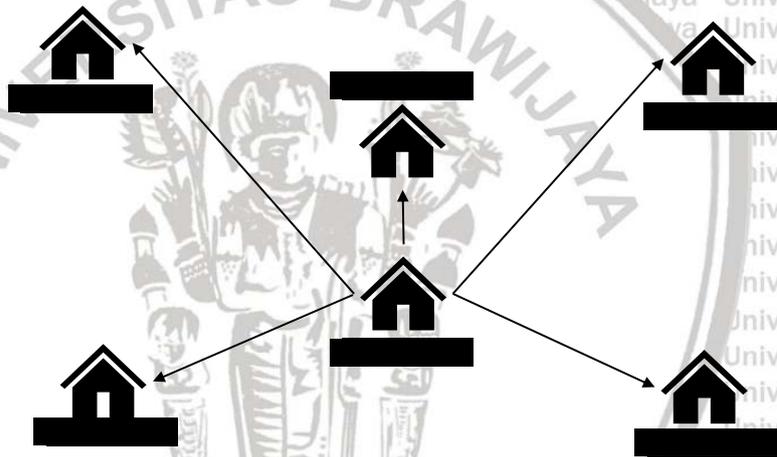
Pengujian solusi ini bertujuan untuk menguji seberapa baik solusi yang dihasilkan oleh Hibridisasi Algoritme *Particle Swarm Optimization* (PSO) - *Variable Neighbourhoods Search* (VNS).



BAB 4 PERANCANGAN

4.1. Formulasi Permasalahan

Permasalahan yang terdapat pada studi kasus penelitian ini seperti ditunjukkan Gambar 4.1, bahwa proses produksi industri tekstil tidak bertumpu pada satu daerah saja melainkan dibagi menjadi beberapa daerah produksi (*region*) atau selanjutnya akan disebut sebagai *multi-site*. Hal ini bertujuan untuk memaksimalkan sumber daya yang ada pada setiap daerah. Namun strategi ini juga menimbulkan permasalahan baru dalam hal perencanaan proses produksi dikarenakan setiap daerah memiliki standar nilai upah yang beragam serta aturan yang berbeda pula. Untuk itu perencanaan produksi agregat *multi-site* diperlukan guna memaksimalkan segala sumber daya sehingga didapatkan keuntungan yang optimal. Dalam hal ini meminimalkan biaya produksi merupakan tujuan utama.



Gambar 4.1 Skema Produksi Multi-Site

Proses produksi itu sendiri dilakukan dalam 12 periode (bulan). Setiap periode perusahaan akan memperhitungkan biaya produksi agar didapatkan hasil seminimal mungkin. Pada prosesnya terdapat beberapa parameter yang diperhitungkan seperti : *regular time* (*rt*), *over time* (*ot*), *subcontract* (*st*), perekrutan pekerja (*ht*), pemberhentian pekerja (*ft*) dan jumlah persediaan (*it*) seperti contoh yang ditunjukkan pada Gambar 4.2.

Tabel 4.1 Contoh Perencanaan Agregat

Periode	Permintaan	Hari Kerja	Produksi	rt	ot	st	ht	ft	it
Agu-16	1200	21	1764	1200					564
Sep-16	1250	20	1680	1250					994
Okt-16	1500	21	1764	1500					1158

Nov-16	1900	21	1764	1764			1022
Des-16	2380	21	1764	1764			406
Jan-17	2680	20	1680	1680	600		6
Feb-17	2800	22	1848	1848	660		638
Mar-17	3200	20	1680	1680	600		558
Apr-17	2500	20	1680	1680	600		338
Mei-17	1780	17	1428	1428	14		
Jun-17	1530	21	1470	1470	60		
Jul-17	1450	22	1540	1450			90

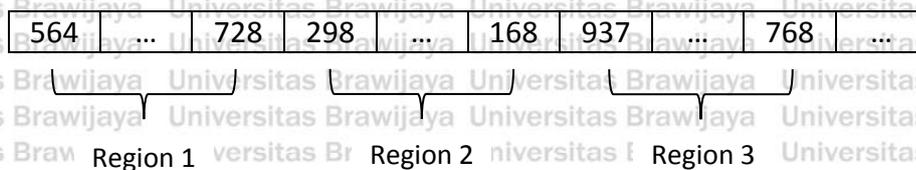
Tabel 4.2 Keterangan istilah

Parameter	Keterangan
rt	Jumlah produksi rata-rata tiap pekerja dalam 1 hari (<i>regular time</i>)
ot	Jumlah produksi rata-rata tiap pekerja dalam 1 hari (<i>overtime</i>)
sc	Jumlah produksi rata-rata tiap pekerja dalam 1 hari (<i>subcontract</i>)
ht	Jumlah rekrut pekerja dalam 1 bulan (<i>hiring time</i>)
ft	Jumlah pemberhentian pekerja dalam 1 bulan (<i>firing time</i>)
it	Jumlah produk yang disimpan (<i>inventory</i>)

Pada Tabel 4.1 menunjukkan alur perencanaan produksi agregat secara umum. Nilai produksi selama 12 periode (bulan) akan dihitung berdasarkan faktor yang telah disebutkan sebelumnya. Kemudian dari perhitungan tersebut akan didapatkan total biaya produksi perusahaan.

4.2. Penyusunan Representasi Solusi

Pada penelitian ini, pengkodean *integer* digunakan sebagai solusi awal partikel. Hal ini dilakukan dengan tujuan dapat mewakili nilai solusi (nilai produksi) pada perencanaan agregat produksi. Pada prosesnya terdapat beberapa parameter yang diperhitungkan seperti: *regular time (rt)*, *over time (ot)*, *subcontract (st)*, perekrutan pekerja (*ht*), pemberhentian pekerja (*ft*) dan jumlah persediaan (*it*).



Gambar 4.2 Representasi Solusi (Partikel)

Pada Gambar 4.2 menunjukkan representasi solusi pada perencanaan agregat *multi-site* sebagai partikel algoritme PSO. Namun pada Gambar 4.2 hanya ditampilkan 3 *region* yang mewakili 6 *region* sebenarnya. Setiap *region* akan diolah sesuai dengan kriteria masing-masing *region*. Angka 564 dan 728 mewakili nilai produksi dengan panjang sebenarnya adalah sebesar 12 untuk masing-masing *region*. Dalam hal ini angka 12 tersebut mewakili 12 bulan waktu produksi. Dengan solusi tersebut dapat mengakomodasi kebutuhan perencanaan produksi untuk industri yang memiliki beberapa daerah produksi. Berikutnya akan ditampilkan proses perhitungan nilai solusi dari perencanaan produksi agregat.

Tabel 4.3 Prediksi Penjualan

agu	sep	oct	nov	des	jan	feb	mar	apr	mei	jun	jul
1629	942	831	1028	826	1273	692	1124	2114	2483	2685	7482
1200	1250	1500	1900	2380	1640	2800	2250	2500	1780	1530	1450

Gambar 4.3 Contoh Partikel 1 *Region*

Pada tahap awal dimulai dengan melakukan prediksi untuk jangka waktu 12 periode/bulan pada tahun yang akan datang yang ditunjukkan pada Tabel 4.1. Kemudian Gambar 4.4 merupakan contoh kromosom dengan 1 *region*. Pada penelitian ini kromosom menggunakan 6 *region* namun pada contoh perhitungan *cost* ini hanya digunakan 1 *region* karena proses perhitungannya sama.

Tabel 4.4 Perhitungan Perencanaan Agregat Produksi

Periode	Permintaan	Hari Kerja	Produksi	rt	ot	st	ht	ft	it
Agu-16	1629	21	1200	1200					-429
Sep-16	942	20	1250	1250					308
Okt-16	831	21	1500	1500					977
Nov-16	1028	21	1900	1764	136				1849
Des-16	826	21	2380	1764	600	16			3043
Jan-17	1273	20	1640	1640					3410
Feb-17	692	22	2800	1848	600	352			5518
Mar-17	1124	20	2250	1680	570				6644
Apr-17	2114	20	2500	1680	600	220			6644
Mei-17	2483	17	1780	1428	352				5941
Jun-17	2685	21	1830	1764	66				5086
Jul-17	7482	22	1450	1450					-956

Terdapat beberapa faktor yang perlu dipenuhi dan juga beberapa aturan acuan dasar yang berlaku pada perusahaan seperti ditunjukkan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.5 Faktor Produksi Agregat *Region 1*

Nilai	Parameter Awal
6	Jumlah pekerja
14	Jumlah produksi rata-rata tiap pekerja dalam 1 hari (<i>regular time</i>)
5	Jumlah produksi rata-rata tiap pekerja dalam 1 hari (<i>overtime</i>)
14	Jumlah produksi rata-rata tiap pekerja dalam 1 hari (<i>subcontract</i>)
8	Jam kerja dalam 1 hari (<i>regular time</i>)
3	Jam lembur maksimal (<i>overtime</i>)
3	Jumlah maksimal pekerja subcontract
Rp23.000,00	Biaya produksi regular time(<i>vrt</i>)
Rp25.000,00	Biaya produksi overtime time (<i>vot</i>)
Rp24.000,00	Biaya produksi subcontract (<i>vst</i>)
Rp2.700.000,00	Biaya merekrut pekerja (<i>vht</i>)
Rp500.000,00	Biaya merumahkan pekerja (<i>vft</i>)
Rp 500,00	Biaya penyimpanan (<i>vit</i>)

$$Cost = \sum rt * vrt + \sum ot * vot + \sum st * vst + \sum ht * vht + \sum ft * vft + \sum it + vit + Penalty$$

Persamaan 3 Rumus Perhitungan Cost

$$\begin{aligned} \sum rt * vrt &= (1200+1250+1500+1764+1764+1680+1848+1680+1680+1428 \\ &+1530+1450)*23000 \\ &= 18744*23000 \\ &= 431.112.000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum ot * vot &= (136+600+600+570+600+352+66)*28000 \\ &= 2924*25000 \\ &= 73.100.000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum st * vst &= (16+352+220)*24000 \\ &= 588*24000 \\ &= 14.112.000 \end{aligned}$$

$$\sum ht * vht = 0$$

$$\sum ft * vft = 0$$

$$\sum it * vit = 6644 * 500$$

$$= 3.322.000$$

$$Penalty = (429 + 956) * 30000$$

$$= 41.550.000$$

$$Cost = 431.112.000 + 73.100.000 + 14.112.000 + 0 + 0 + 3.322.000$$

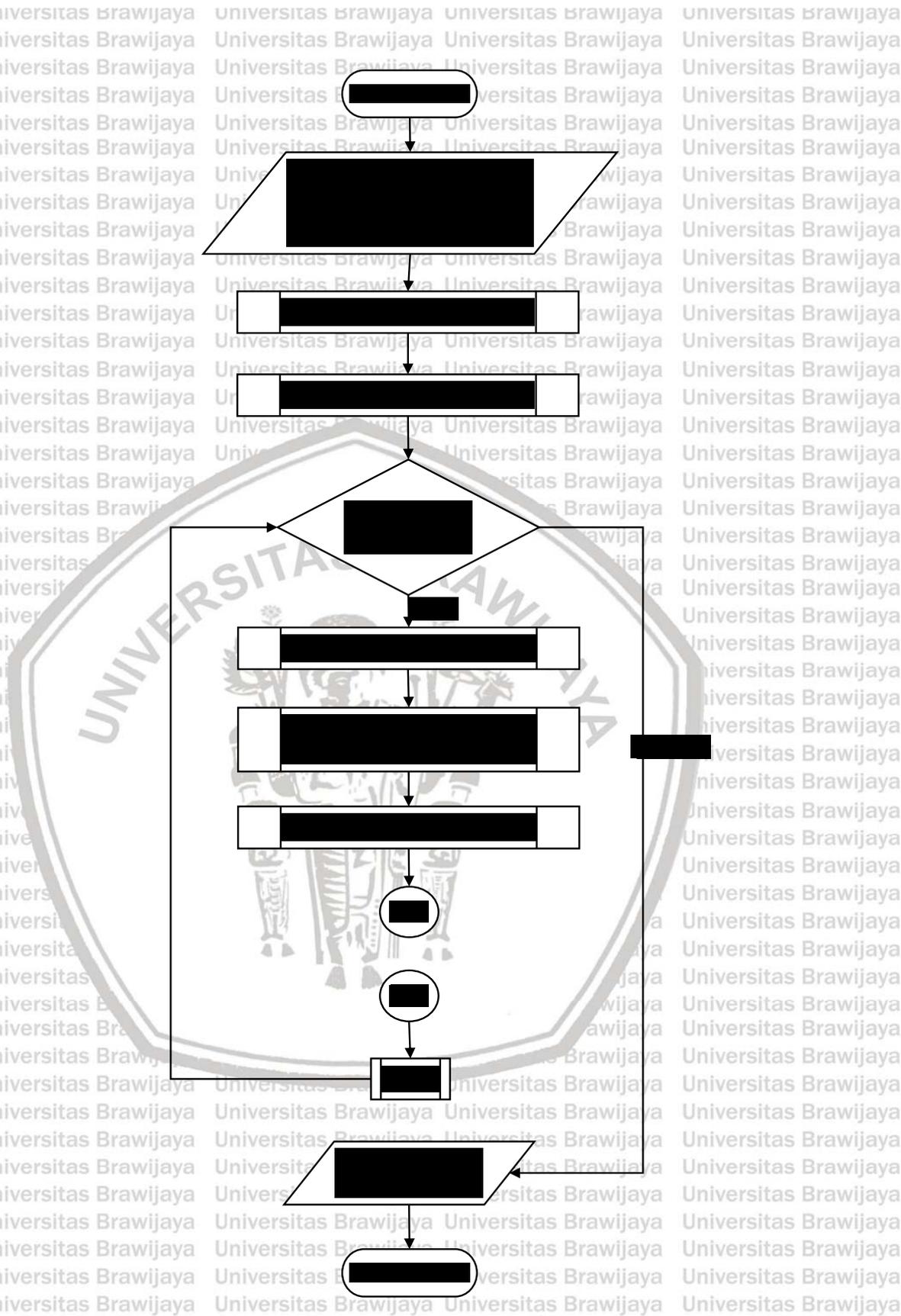
$$+ 41.550.000$$

$$Cost = 563.196.000$$

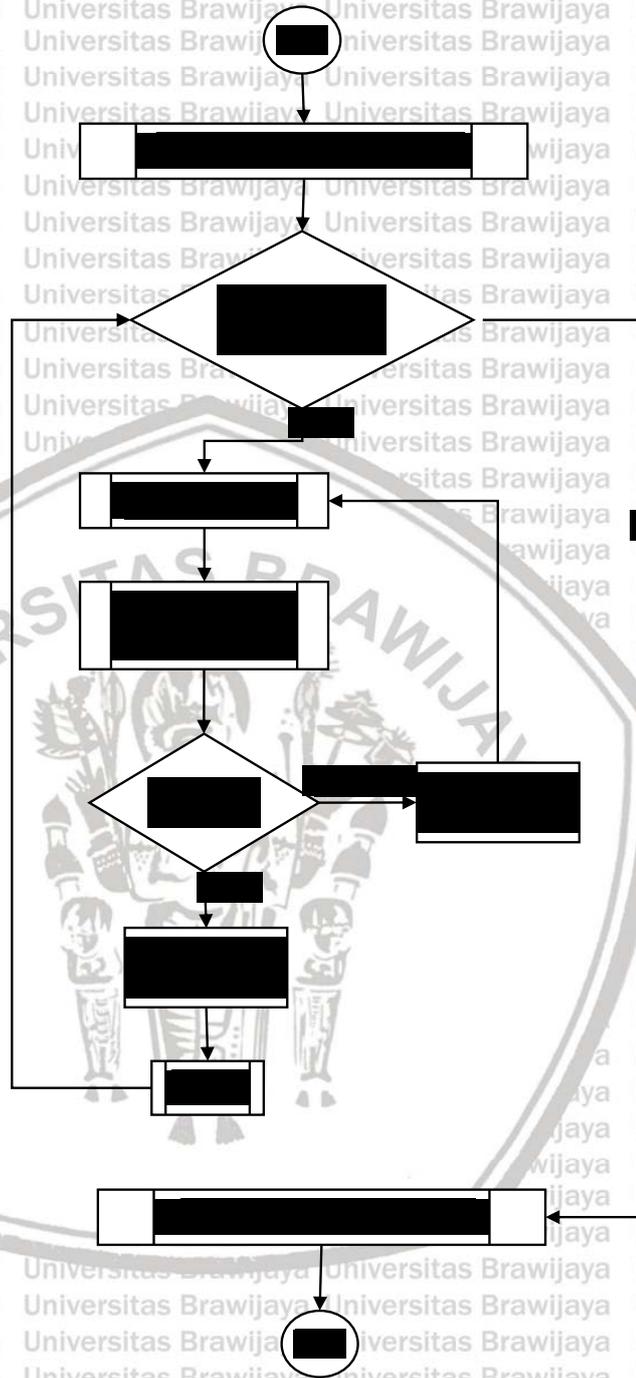
Dari penjabaran diatas dapat kita simpulkan bahwa biaya produksi untuk *region* 1 adalah sebesar Rp. 563.196.000,-. Dalam proses perhitungan ditambahkan sebuah parameter *penalty*. Parameter ini bertujuan untuk memberikan nilai kompensasi jika nilai permintaan tidak dapat terpenuhi. Perhitungan *cost* yang dihasilkan pada setiap *region* akan berbeda karena dipengaruhi oleh kriteria yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya.

4.3. Penyusunan Algoritme Hibridisasi

Pada algoritme *Particle Swarm Optimization* (PSO) dan *Variable Neighbourhood Search* (VNS) masing-masing memiliki kelebihan tersendiri. Penelitian ini akan mngkombinasikan kedua algoritme tersebut dengan tujuan untuk menghasilkan solusi yang lebih baik. Proses PSO dan VNS dilakukan dengan mengkombinasikan kedua algoritme tersebut secara iteratif. Algoritme PSO akan dijalankan terlebih dahulu untuk mencari solusi global serta lokal. Untuk setiap *n* iterasi solusi lokal dari algoritme PSO akan diambil alih oleh algoritme VNS. Solusi tersebut menjadi masukan awal dan selanjutnya dieksplorasi lebih lanjut. Setelah selesai pada algoritme VNS, solusi terbaik akan dikembalikan ke algoritme PSO untuk menjadi solusi/partikel *Pbest* dan *Gbest* baru. Proses ini akan diulang sebanyak *n* iterasi sampai didapatkan hasil yang optimum.



Gambar 4.4 Flowchart Hybrid PSO-VNS bag. 1



Gambar 4.5 Flowchart Hybrid PSO-VNS bag. 2

Berdasarkan diagram alir pada Gambar 4.4 dan Gambar 4.5, langkah-langkah penyelesaian permasalahan perencanaan produksi agregat

menggunakan Hibridisasi Algoritme *Particle Swarm Optimization* (PSO) - *Variable Neighbourhoods Search* (VNS) pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menentukan parameter perencanaan agregat, algoritme PSO dan algoritme VNS.
2. Proses algoritme *Particle Swarm Optimization* (PSO).
 - a. Inisialisasi *swarm* dengan membangkitkan bilangan random.

564	317	728	298	763	168	1024	468	...
-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	-----	-----

Region 1

Gambar 4.6 Inisialisasi Swarm

- b. Menghitung nilai fungsi *cost* untuk setiap *swarm* kemudian menentukan *Pbest* dan *Gbest*.
 - c. *Update* Kecepatan, menghitung nilai *v* kecepatan yang digunakan untuk proses perbaikan solusi pada tahap selanjutnya.
 - d. *Update* Posisi dan Hitung *cost*, pada tahap ini solusi (*swarm*) diperbaiki dengan memperbarui posisi berdasarkan *v* kecepatan yang telah didapatkan sebelumnya. Kemudian dihitung nilai *fitnes* baru.
 - e. *Update Pbest* dan *Gbest* berdasarkan nilai *cost* baru.
3. Selanjutnya dilakukan perbaikan solusi dari setiap *swarm* dengan menggunakan algoritme *Variable Neighbourhoods Search* (VNS).
 - a. Inisialisasi solusi pada algoritme VNS diperoleh dari sejumlah *Pbest* pada algoritme PSO.
 - b. Tahap *Shaking*, solusi pada tahap ini (x') didapatkan dengan melakukan pertukaran (*exchange*) solusi *x* sejumlah tetangga secara acak.

564	317	728	298	763	168	1024	468	...
-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	-----	-----

Gambar 4.7 Solusi Sebelum Tahap Shaking

564	317	468	298	763	728	1024	168	...
-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	-----	-----

Gambar 4.8 Solusi Sesudah Tahap Shaking

- c. Tahap *Local Search*, pada tahap ini solusi dari tahap *shaking* (x') digunakan sebagai solusi awal (x''). Nilai dari x'' didapatkan dari perubahan nilai x' dengan nilai peubah sebesar 5. Hal ini bertujuan agar nilai x'' berada pada sekitar nilai x' . Untuk mendapatkan solusi terbaik dilakukan perbandingan nilai *cost* pada solusi sebelumnya dengan solusi terbaru pada setiap iterasi.

564	317	728	298	763	168	1024	468	...
-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	-----	-----

Gambar 4.9 Solusi sebelum Tahap Local Search

564	322	728	298	763	168	1024	468	...
-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	-----	-----

Gambar 4.10 Solusi sesudah Tahap Local Search

- d. Tahap *Move or Not*, proses kerja tahap ini yaitu membandingkan nilai *cost* antara hasil solusi local search (x'') dan solusi awal (x). Jika x'' tidak lebih baik dari x maka x akan tetap digunakan sebagai solusi berikutnya dan merubah nilai $k = 1$, sebaliknya jika x'' lebih baik dari x maka solusi local search yang akan digunakan sebagai solusi selanjutnya dan merubah nilai k menjadi $k = k+1$.
- e. Proses ini akan diulang sampai $k = Kmax$.

4. Setelah perbaikan pada algoritme VNS selesai maka dilakukan *update Pbest* dan *Gbest*.
5. Proses ini akan diulang sampai *MaxIterasi* dan didapatkan solusi/partikel terbaik.

4.4. Perancangan Pengujian Parameter Algoritme

Pada penelitian ini dilakukan proses pengujian beberapa operator dengan tujuan mendapatkan nilai operator terbaik sehingga akan berbanding lurus dengan hasil yang didapatkan. Dalam proses pengujiannya akan dipertimbangkan 2 hal yakni nilai *cost* (nilai produksi) yang seminimal mungkin dan waktu komputasi yang tidak terlalu lama. Hal ini bertujuan agar hibridisasi yang dilakukan memiliki hasil yang optimal.

4.5.1. Pengujian Parameter Algoritme *Particle Swarm Optimization* (PSO)

Sejumlah pengujian akan dilakukan untuk mendapatkan nilai parameter terbaik pada algoritme PSO. Beberapa diantaranya adalah sebagai berikut:

a) Pengujian Jumlah Partikel

Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai jumlah partikel yang optimal untuk dipakai pada mekanisme hibridisasi. Dengan jumlah partikel yang sesuai tentu saja waktu komputasi dapat diperkecil akan tetapi hasilnya juga memuaskan.

b) Pengujian Nilai Iterasi

Proses ini dilakukan untuk menentukan nilai iterasi terbaik sehingga waktu komputasi dapat ditekan namun tidak menurunkan kualitas hasil yang diberikan.

c) **Pengujian Bobot Inersia**

Bobot inersia diperlukan untuk mengontrol perubahan kecepatan partikel. Untuk itu pengujian bobot inersia perlu dilakukan agar perubahan kecepatan partikel dapat dikontrol.

Pengujian Koefisien Akselerasi

Pengujian ini bertujuan untuk mencari kombinasi nilai koefisien akselerasi terbaik. Hal ini dimaksudkan untuk mengatur laju perpindahan partikel dalam 1 kali iterasi.

4.5.2. Pengujian Parameter Algoritme *Variable Neighbourhoods Search* (VNS)

Selanjutnya beberapa parameter pada algoritme VNS juga diuji untuk mendapatkan solusi terbaik, yakni sebagai berikut:

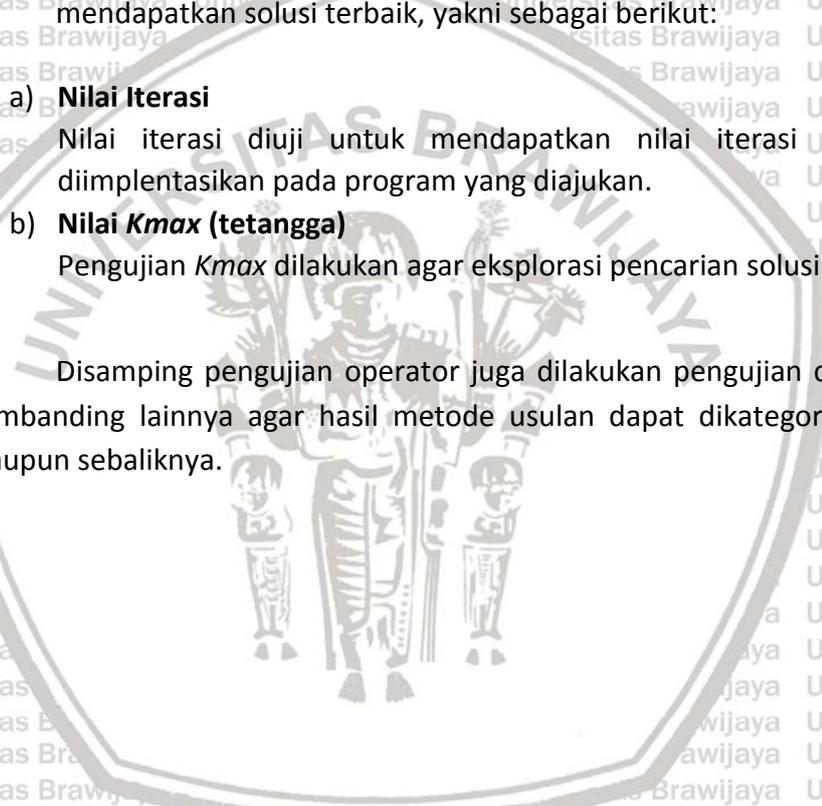
a) **Nilai Iterasi**

Nilai iterasi diuji untuk mendapatkan nilai iterasi optimal untuk diimplementasikan pada program yang diajukan.

b) **Nilai *Kmax* (tetangga)**

Pengujian *Kmax* dilakukan agar eksplorasi pencarian solusi dapat optimal.

Disamping pengujian operator juga dilakukan pengujian dengan metode pembandingan lainnya agar hasil metode usulan dapat dikategorikan lebih baik ataupun sebaliknya.



BAB 5 PENGUJIAN

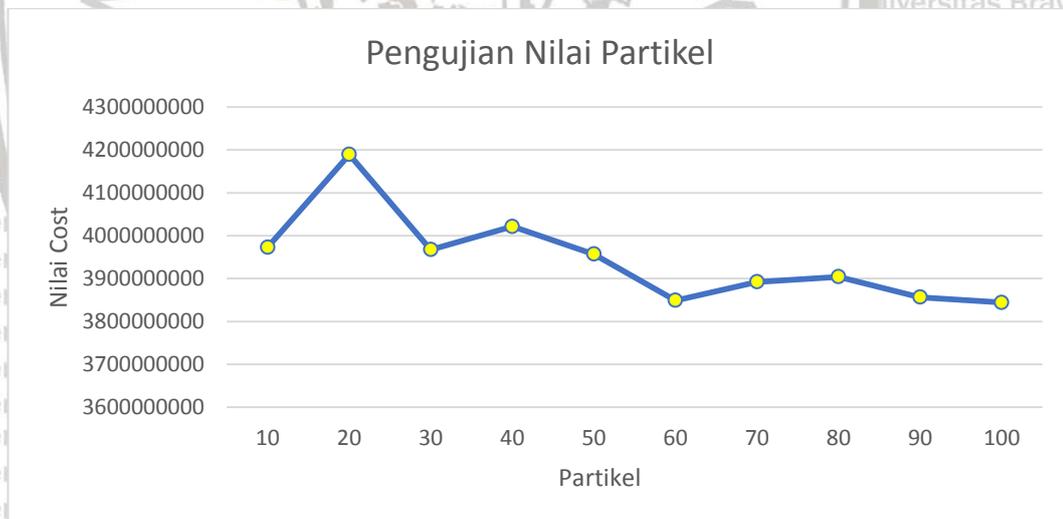
5.1. Pengujian Parameter Particle Swarm Optimization

Pada pengujian parameter PSO, program akan dijalankan sebanyak 10 kali kemudian diambil rata-rata nilai yang dihasilkan. Kemudian hasil akan dianalisis dan diambil nilai yang optimal. Pada pengujian awal ditentukan nilai parameter PSO sebagai berikut:

- Nilai iterasai = 500
- Nilai kecepatan awal (v) = 0;
- Nilai bobot inersia (w) = 0,5
- Nilai koefisien akselerai $C1 = 1$, $C2 = 1$

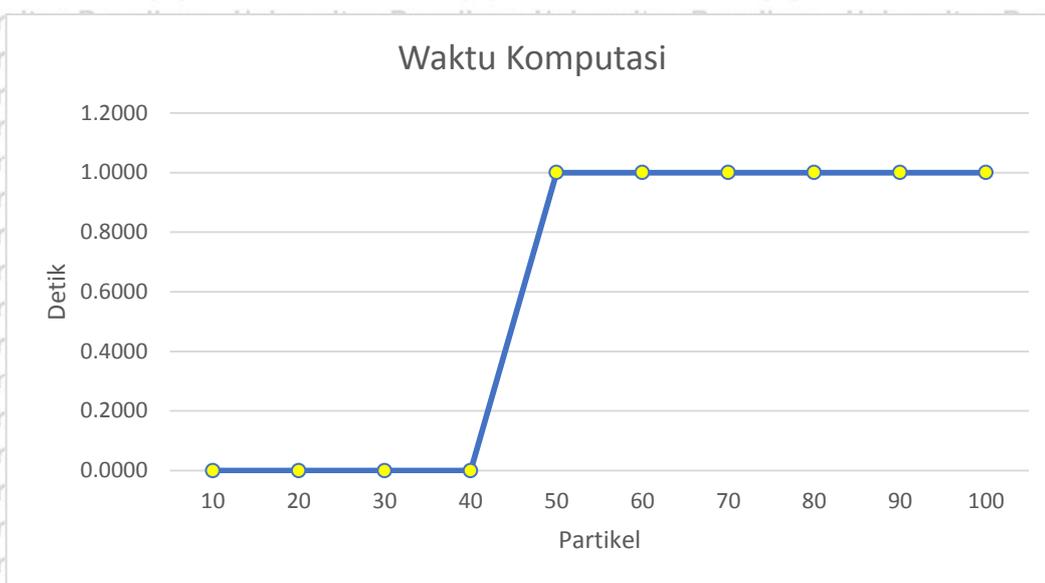
5.2.1. Pengujian Jumlah Partikel

Dengan jumlah partikel yang banyak tentu saja solusi yang dihasilkan juga berbanding lurus atau dapat dikatakan semakin baik, namun hal ini berbanding terbalik dengan waktu komputasi. Untuk itu penentuan nilai jumlah partikel harus tepat, tidak terlalu banyak dan juga tidak terlalu sedikit untuk pertimbangan waktu.



Gambar 5.1 Grafik Pengujian Jumlah Partikel

Pada Gambar 5.1 menunjukkan grafik hasil pengujian jumlah partikel. Pola yang tercipta terlihat fluktuatif karena terjadi kenaikan di beberapa titik namun secara umum cenderung menurun. Pada jumlah partikel awal antara 10 sampai 40 pola grafik menunjukkan hasil yang didapatkan tidak konsisten. Kemudian terjadi sedikit penurunan sampai ke titik 60. Selanjutnya grafik bergerak naik turun disekitar nilai 3.800.000.000.

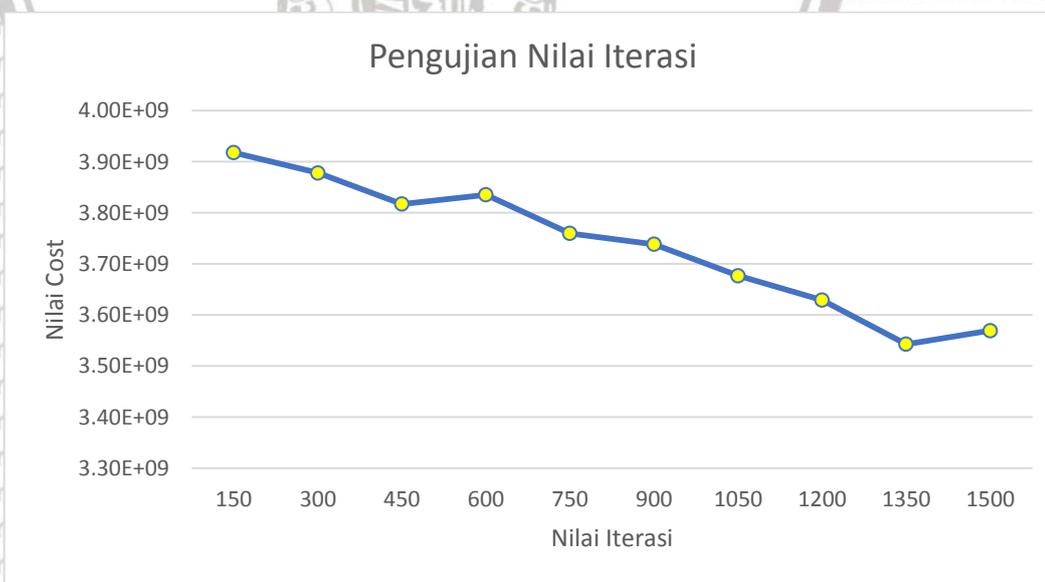


Gambar 5.2 Waktu Komputasi Pengujian Partikel

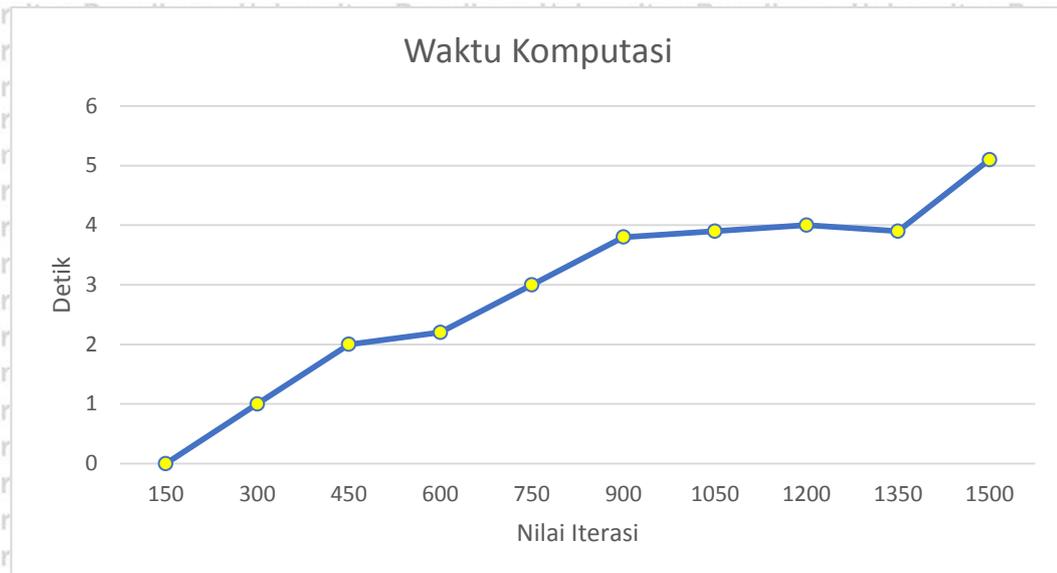
Berdasarkan hasil pengujian pada Gambar 5.1 serta mempertimbangkan grafik waktu komputasi pada Gambar 5.2 penulis mengambil nilai terbaiknya yaitu pada jumlah partikel 60. Hal ini mempertimbangkan waktu komputasi yang tidak terlalu lama sementara hasil yang didapatkan cukup optimal.

5.2.2. Pengujian Nilai Iterasi

Setelah melakukan uji partikel, nilai yang didapatkan yaitu 60 kemudian nilai tersebut dipakai untuk melakukan pengujian nilai iterasi. Pengujian ini bertujuan agar didapatkan nilai iterasi yang optimal.



Gambar 5.3 Pengujian Iterasi

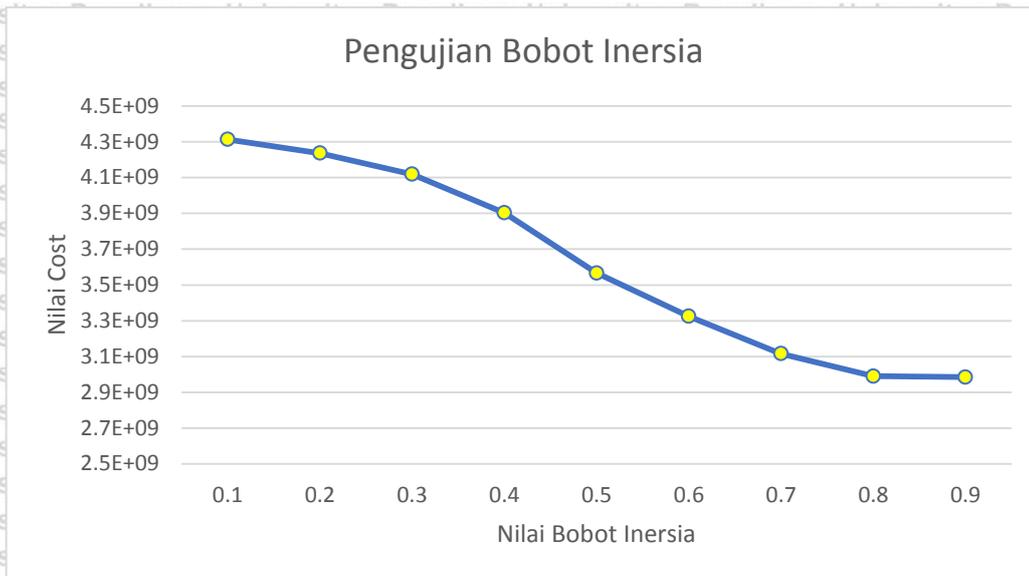


Gambar 5.4 Waktu Komputasi Pengujian Iterasi

Hasil pengujian iterasi ditunjukkan pada Gambar 5.3 terlihat bahwa ada kecenderungan hasil akan semakin baik dengan semakin banyaknya iterasi. Namun berbanding terbalik dengan waktu komputasi yang ditunjukkan pada Gambar 5.4. Semakin tinggi nilai iterasi maka akan semakin lama waktu komputasi yang dibutuhkan. Dengan mengacu pada kedua faktor tersebut, penulis dapat mengambil nilai iterasi terbaik yakni pada nilai iterasi 1350. Pemilihan nilai iterasi sebesar 1350 didasarkan pada fakta hasil yang didapatkan sudah cukup baik dan tidak berbeda jauh dari nilai iterasi selanjutnya. Disamping itu untuk iterasi diatas 1350 membutuhkan lebih banyak waktu komputasi dan dapat membebani kerja sistem. Hasil pengujian ini kemudian dijadikan acuan untuk pengujian pada tahap selanjutnya.

5.2.3. Pengujian Bobot Inersia

Tahap selanjutnya adalah pengujian nilai bobot inersia (w). Bobot inersia ini berfungsi untuk mengontrol dampak perubahan kecepatan yang diberikan oleh partikel. Hal ini perlu diuji agar perubahan kecepatan dapat dikontrol dengan baik. Perubahan kecepatan yang tidak terkontrol dapat mengakibatkan partikel berpindah secara tidak teratur yang tentu saja dapat berakibat nilai optimal yang sulit untuk dicapai.



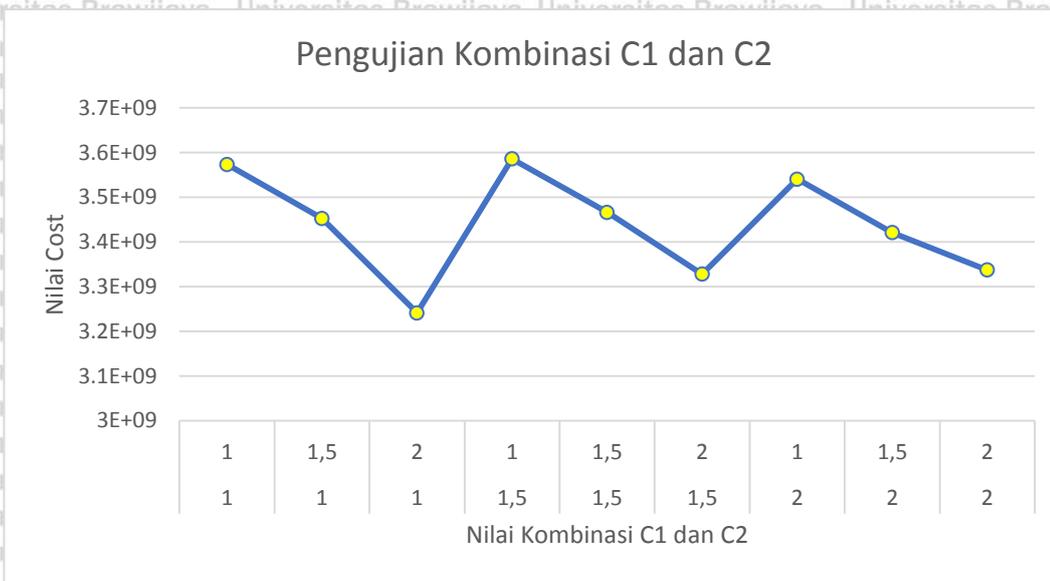
Gambar 5.5 Pengujian Nilai Bobot

Bobot inersia memungkinkan partikel berpindah sesuai jalur untuk mencapai titik target secara lebih akurat dan efisien. Nilai bobot inersia yang tinggi akan menitik beratkan pada pencarian global (*global search*), sedangkan nilai yang rendah lebih mengarah pada pencarian lokal (*local search*). Untuk pencarian yang tidak terlalu fokus pada salah satu bagian dan tetap melakukan eksplorasi area pencarian yang baru dalam ruang berdimensi tertentu, maka perlu didapatkan nilai bobot inersia (w) yang secara optimal menjaga eksplorasi global dan lokal.

Hasil pengujian bobot inersia ditampilkan dalam grafik pada Gambar 5.5. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa semakin tinggi nilai bobot inersia maka akan didapatkan hasil yang semakin baik. Namun hal tersebut tidak menjadikan nilai 0,9 yang akan dipakai pada sistem. Dengan mempertimbangkan tingkat eksplorasi dan keseimbangan pencarian lokal serta global maka nilai 0,8 yang dipilih sebagai nilai paling optimal untuk ditetapkan sebagai acuan nilai bobot inersia. Nilai 0,8 mampu mengeksplorasi area pencarian baru namun tetap menjaga kualitas pada pencarian lokal. Disamping itu hasil yang didapatkan setara dengan nilai bobot 0,9.

5.2.4. Pengujian Koefisien Akselerasi

Pada pengujian sebelumnya sudah didapatkan beberapa nilai parameter yakni nilai jumlah partikel sebesar 25, nilai iterasi sebesar 160 dan nilai bobot inersia sebesar 0,6. Parameter terakhir yang diuji adalah kombinasi dari 2 nilai koefisien akselerasi ($C1$ dan $C2$) yang akan mempengaruhi perpindahan partikel pada setiap iterasi. Nilai $C1$ akan berpengaruh pada pencarian lokal sedangkan nilai $C2$ mempengaruhi pencarian global. Namun kedua nilai tersebut akan bekerja pada persamaan yang sama yakni Persamaan 2.1 untuk melakukan pembaruan kecepatan partikel. Pembaruan ini akan berpengaruh pada perpindahan partikel pada iterasi selanjutnya.



Gambar 5.6 Pengujian Kombinasi Koefisien Akselerasi

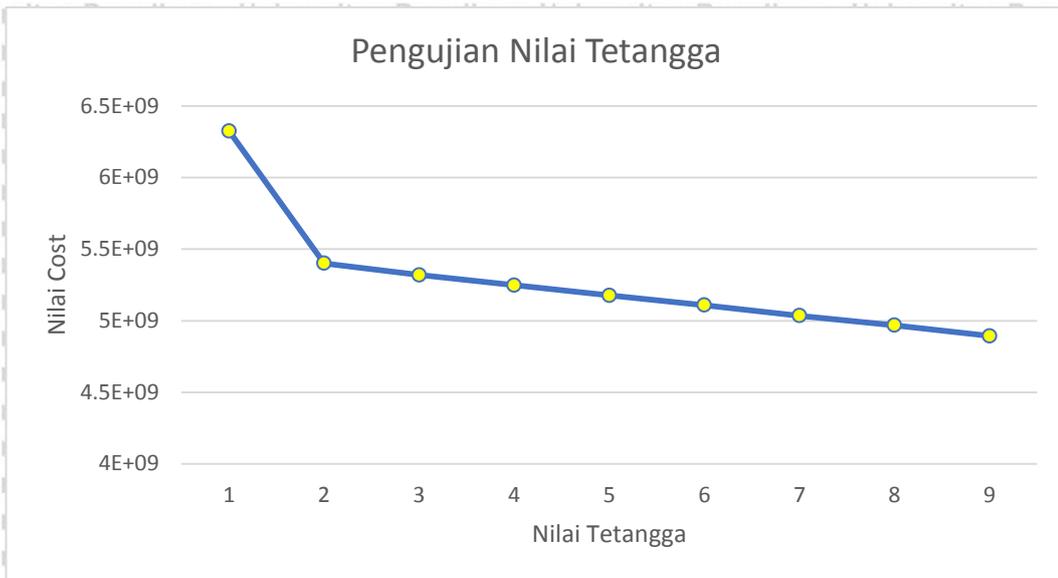
Dari Gambar 5.6 menunjukkan hasil pengujian kombinasi nilai koefisien akselerasi. Hasil yang didapatkan menunjukkan nilai yang bervariasi. Hal ini disebabkan nilai koefisien akselerasi akan mempengaruhi perpindahan setiap partikel. Partikel tersebut bergerak bebas yang memungkinkan hasil yang diinginkan dapat terlewat pada suatu titik. Berdasarkan grafik tersebut dapat disimpulkan bahwa kombinasi nilai koefisien akselerasi terbaik adalah $C1$ sebesar 2 dan $C2$ sebesar 1. Dengan demikian nilai parameter terbaik sudah didapatkan untuk kemudian diimplementasikan ke dalam sistem yang akan dipakai.

5.2. Pengujian Parameter Variable Neighbourhoods Search

Pengujian parameter pada algoritme VNS digunakan untuk menunjang algoritme utama yaitu PSO. Sama dengan PSO, pada VNS nilai iterasi merupakan faktor penting karena akan berpengaruh pada waktu komputasi. Disamping itu ada nilai tetangga (k) yang juga akan diuji. Nilai tetangga juga merupakan bagian penting pada proses VNS karena pada VNS ada kondisi yang menyatakan jika tidak didapatkan hasil yang lebih baik maka sistem akan terjebak dan tidak akan berhenti. Untuk itu perlu didapatkan nilai tetangga yang optimal.

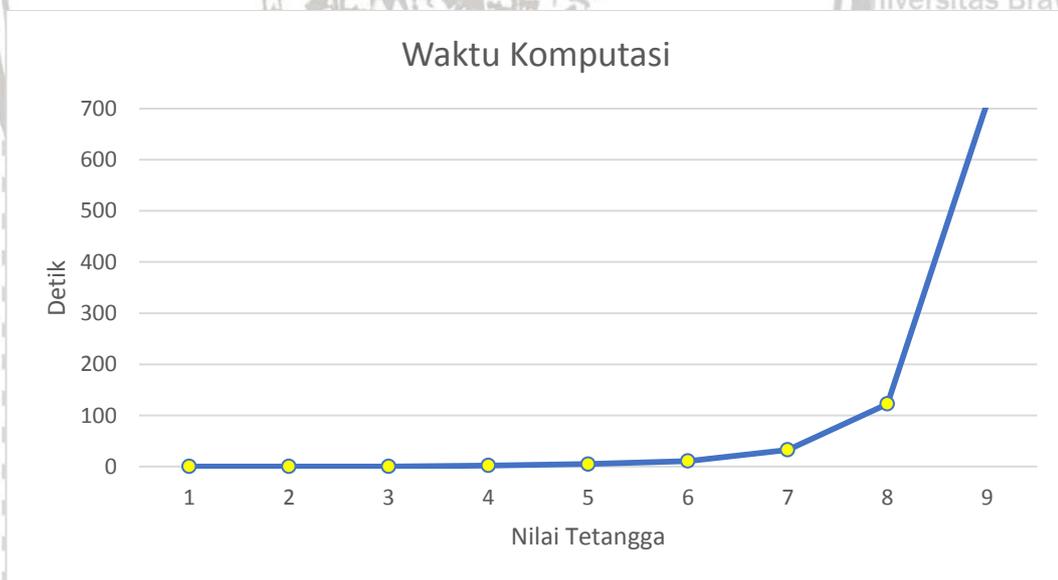
5.2.1. Nilai K_{max} (tetangga)

Pada pengujian nilai tetangga (k) dilakukan sebanyak 10 kali dengan nilai iterasi sebesar 250. Disamping nilai k , waktu komputasi juga diperhitungkan pada pengujian ini. Hal ini disebabkan iterasi pada nilai k dapat berulang hingga tak terhingga atau yang biasa disebut dengan istilah *never ending looping*.



Gambar 5.7 Pengujian Nilai Tetangga (k)

Pada Gambar 5.7 ditampilkan hasil pengujian nilai tetangga. Gambar tersebut mengindikasikan bahwa semakin tinggi nilai tetangga maka hasil yang didapatkan akan semakin baik. Hal ini terjadi karena nilai tetangga pada VNS memiliki kondisi yang hanya akan menerima solusi baru ketika solusi baru yang dihasilkan lebih baik dari solusi sebelumnya.

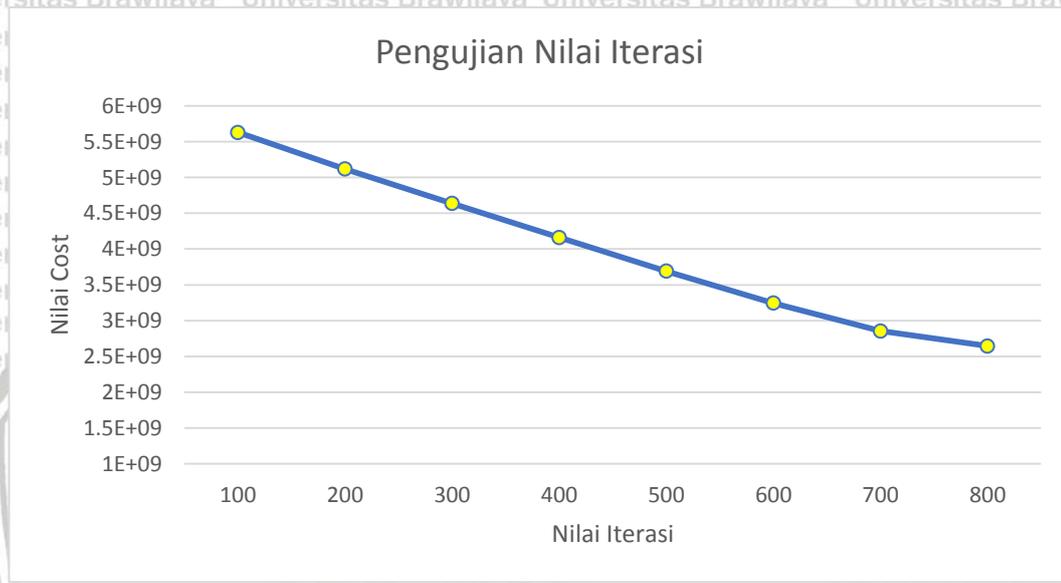


Gambar 5.8 Waktu Komputasi Pengujian Nilai Tetangga

Dengan berpedoman pada Gambar 5.7 dan 5.8 dapat disimpulkan nilai k yang optimal adalah sebesar 3. Penentuan nilai ini didasarkan pada hasil yang didapatkan sudah cukup baik dengan waktu komputasi yang masih tergolong tidak terlalu lama yakni 0 detik.

5.2.2. Nilai Iterasi

Nilai iterasi pada VNS hampir sama fungsinya dengan iterasi pada PSO. Namun pada VNS, didalamnya juga terdapat nilai iterasi tetangga (k) yang berfungsi untuk mendapatkan nilai solusi yang lebih baik. Pengujian nilai iterasi VNS dilakukan pada rentang nilai 100-1000 dengan kelipatan sebesar 100. Masing-masing pengujian dilakukan sebanyak 10 kali dan diambil nilai rata-ratanya.



Gambar 5.9 Pengujian Nilai Iterasi VNS



Gambar 5.10 Waktu Komputasi Pengujian Nilai Iterasi

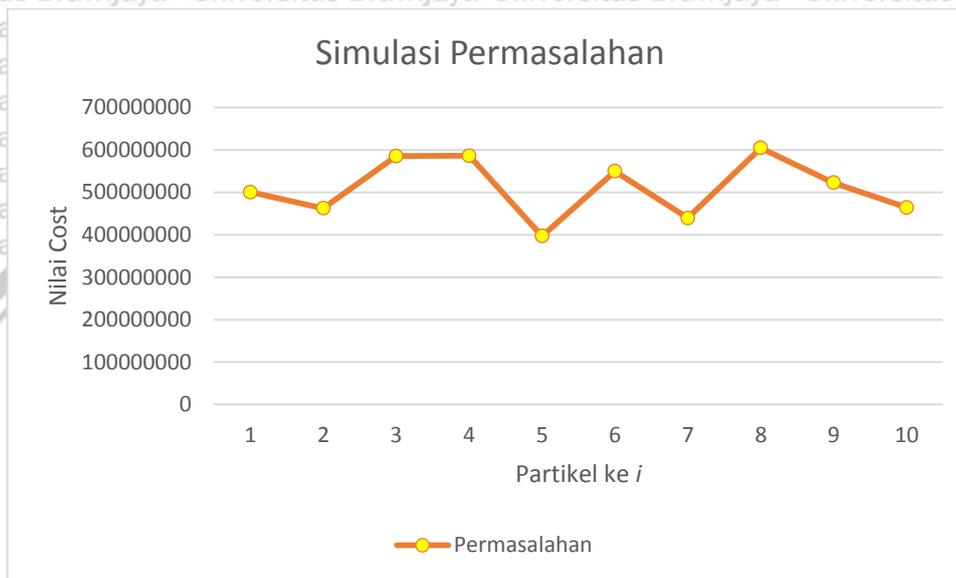
Pada Gambar 5.9 menunjukkan grafik hasil pengujian iterasi pada VNS. Grafik tersebut cenderung menurun berbanding lurus dengan semakin banyak jumlah iterasi. Dari hasil pengujian tersebut dapat diambil nilai iterasi optimal yakni pada saat iterasi 300. Nilai ini dipilih dengan mempertimbangkan waktu komputasi seperti ditunjukkan pada Gambar 5.10 sebesar 0,2 detik. Disamping itu kompleksitas sistem yang akan dihibridisasi dengan algoritme PSO juga diperhitungkan karena VNS akan mengeksplorasi seluruh partikel pada PSO.



BAB 6 ANALISIS HASIL

6.1. Permasalahan Algoritme Hybrid

Pada prosesnya, algoritme *hybrid* memunculkan masalah baru yakni beberapa partikel PSO sebagai solusi terjebak pada skema VNS yang mengakibatkan perulangan terus menerus. Hal ini disebabkan pada skema VNS terdapat perulangan untuk menghasilkan solusi yang lebih baik. Pada perulangan ini nilai iterasi k tidak akan bertambah jika solusi yang dihasilkan belum lebih baik dari solusi sebelumnya sehingga kemungkinan terjadinya stagnan.



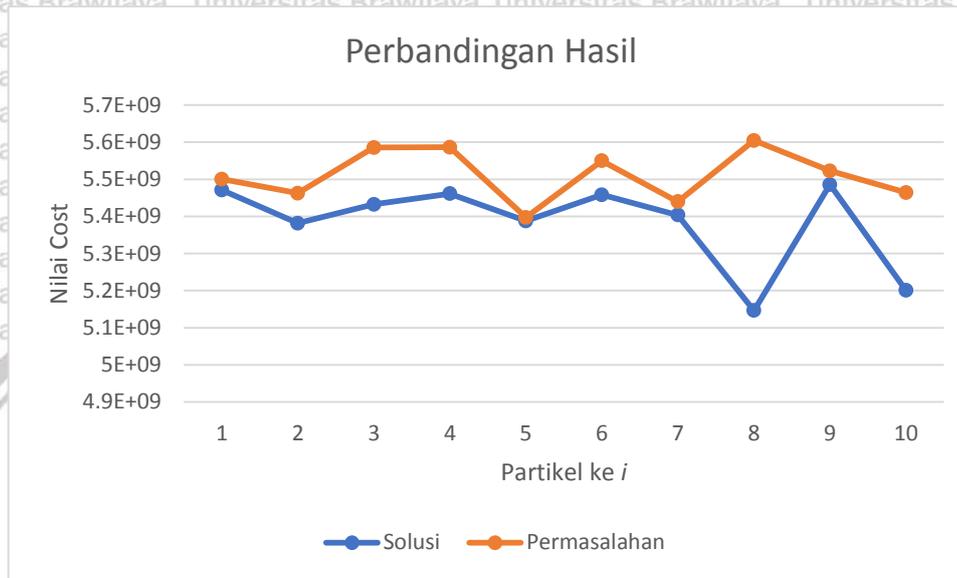
Gambar 6.1 Simulasi Permasalahan

Pada Gambar 6.1 menunjukkan simulasi hasil dari setiap partikel (13 partikel) pada x iterasi. Berdasarkan grafik tersebut, beberapa partikel sudah mencapai nilai optimal namun untuk beberapa partikel lain berlaku sebaliknya. Pada skema VNS, partikel yang belum mencapai nilai optimal akan dieksplorasi lagi ruang solusinya dengan mudah. Berbeda dengan partikel yang sudah mendapatkan nilai mendekati optimal, eksplorasi dapat dilakukan dengan menggunakan skema VNS namun akan sulit dikarenakan ruang solusinya semakin sempit sehingga menyebabkan partikel terjebak pada perulangan yang terus menerus. Untuk itu diperlukan sebuah solusi untuk mengatasi permasalahan ini.

6.2. Solusi untuk Permasalahan

Pada proses VNS, terdapat nilai tetangga di dalam setiap iterasi. Nilai tetangga ini akan terus bertambah apabila nilai hasil modifikasi lebih bagus dari sebelumnya. Namun apabila nilai modifikasi tidak lebih bagus dari sebelumnya, nilai tetangga akan tetap tidak bertambah sehingga dapat menyebabkan kondisi stagnan atau proses akan terus berulang pada 1 partikel itu saja.

Untuk mengatasi permasalahan yang timbul tersebut, penulis memberikan solusi berupa penambahan nilai *counter*. Nilai *counter* ini bertujuan untuk menambah nilai tetangga apabila hasil modifikasi tidak lebih bagus dari sebelumnya. Prosedur yang diterapkan oleh penulis yakni apabila dalam 10 kali iterasi berturut-turut hasil modifikasi tidak lebih bagus dari sebelumnya, maka nilai tetangga akan tetap bertambah. Dengan adanya tambahan nilai *counter* tersebut dapat membuat proses keluar dari kondisi stagnan sehingga proses eksplorasi dapat dilanjutkan dan tidak terjebak pada 1 partikel itu saja.



Gambar 6.2 Perbandingan Hasil Solusi

Dari Gambar 6.2 dapat dilihat bahwa penambahan variabel *counter* cukup efektif untuk menghindari eksplorasi nilai stagnan pada satu partikel. Dengan demikian kemungkinan untuk mendapatkan hasil optimal lebih besar.

6.3. Analisis Hasil Metode Hybrid

Pengujian dilakukan dengan menjalankan masing-masing metode selama 90menit. Waktu ini diambil berdasarkan waktu rata-rata yang digunakan metode Hybrid PSO-VNS untuk mencapai hasil terbaik. Dengan demikian setiap metode dijalankan dengan waktu yang sama sebanyak 10x. Berikut hasil pengujian hibridisasi yang dibandingkan dengan metode lain.

Tabel 6.1 Pengujian 1-5

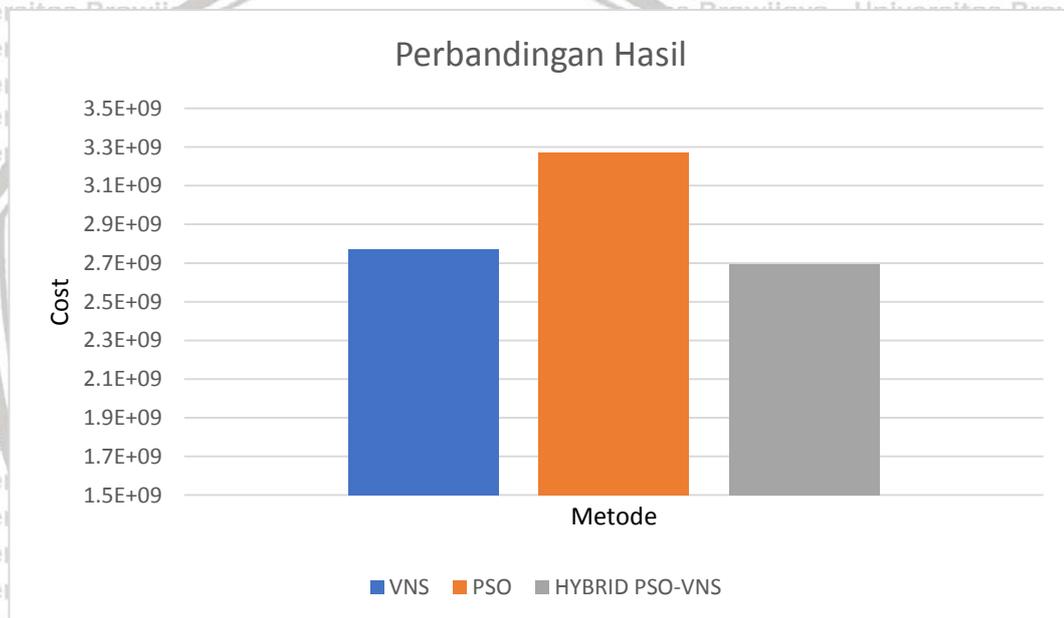
Metode	Nilai Cost				
	Uji Coba ke-				
	1	2	3	4	5
a	2,77E+09	2,78E+09	2,77E+09	2,77E+09	2,79E+09
b	3,06E+09	3,46E+09	3,15E+09	3,3E+09	3,29E+09
c	2,69E+09	2,69E+09	2,7E+09	2,69E+09	2,7E+09

Tabel 6.2 Pengujian 6-10

Metode	Nilai Cost					Rata-rata
	Uji Coba ke-					
	6	7	8	9	10	
a	2,78E+09	2,78E+09	2,76E+09	2,79E+09	2,76E+09	2.778.862.400
b	3,29E+09	3,35E+09	3,31E+09	3,25E+09	3,28E+09	3.273.307.700
c	2,7E+09	2,69E+09	2,69E+09	2,7E+09	2,7E+09	2.694.642.550

Keterangan:

- a) *Variable Neighbourhood Search* (VNS)
- b) *Particle Swarm Optimization* (PSO)
- c) Hybrid PSO-VNS



Gambar 6.3 Grafik Perbandingan Hasil

Pada Tabel 6.1 dan Tabel 6.2 ditunjukkan hasil pengujian dari 3 metode yakni PSO, VNS dan *Hybrid* PSO-VNS. Setiap metode diuji sebanyak 10 kali dan diambil nilai rata-rata. Kemudian hasil dari ketiga metode tersebut ditampilkan pada Gambar 6.3. Solusi yang dihasilkan dengan menggunakan metode PSO memiliki total biaya produksi sebesar 3.273.307.700 rupiah sedangkan solusi yang dihasilkan metode VNS yakni sebesar 2.778.862.400 rupiah. Masing-masing metode memiliki kelebihan & kekurangan. PSO adalah metode yang berbasis populasi. Dengan demikian PSO memiliki kelebihan dalam hal ekspansi ruang pencarian, yakni pencarian lokal dan pencarian global. Namun pada titik tertentu metode PSO dapat melewatkan solusi optimal pada pencarian lokal karena partikel PSO akan bergerak pada ruang eksplorasi solusi global terbaik.

Lain halnya dengan VNS yang memiliki kelebihan pada pencarian lokal. Namun kelebihan ini juga menjadi kekurangan metode VNS. Pencarian yang hanya terfokus pada pencarian lokal akan mengakibatkan ruang eksplorasi menjadi sempit. Hal ini juga berdampak pada hasil yang didapatkan kurang optimal. Dengan adanya kekurangan dari masing-masing metode tersebut, penulis melakukan penggabungan kedua metode tersebut.

Penggabungan dilakukan dengan memanfaatkan PSO sebagai metode utama dengan ditambahkan VNS yang akan memperkuat pencarian lokal pada PSO. Penggabungan seperti itu bertujuan untuk mengatasi kekurangan PSO dalam hal pencarian lokal yang disisi lain merupakan kekuatan dari VNS. Disamping itu, penulis jg melakukan modifikasi pada VNS dengan menambahkan variabel penghitung pada kondisi *Move or Not* metode VNS. Hal ini dilakukan agar pencarian lokal tidak terjebak pada kondisi stagnan. Penggabungan kedua metode tersebut dinilai cukup efektif yang terbukti dengan meningkatnya kualitas solusi yg dihasilkan. *Hybrid* PSO-VNS memliki hasil yang paling baik diantara metode lainnya. Metode usulan ini menghasilkan biaya produksi rata-rata sebesar 2.694.642.550 rupiah.

Dari penyelesaian menggunakan metode Hybrid PSO-VNS didapatkan hasil untuk 6 *region*. Pada Tabel 6.3 ditunjukkan tabel agregat pada salah satu *region* hasil metode. Dari tabel tersebut dapat dijadikan acuan untuk menentukan nilai produksi perusahaan selama 1 tahun. Biaya produksi untuk *region* 1 adalah sebesar 367.760.000 rupiah.

Tabel 6.3 Tabel Agregat 1 *Region*

Periode	Permintaan	Hari Kerja	Produksi	rt	ot	st	ht	ft	it
Agu-16	739	21	744	744	0	0	0	0	5
Sep-16	313	20	809	809	0	0	0	0	501
Okt-16	654	21	617	617	0	0	0	0	464
Nov-16	902	21	1222	1092	130	0	0	0	784
Des-16	475	21	1116	1092	24	0	0	0	1425
Jan-17	711	20	1105	1040	65	0	0	0	1819
Feb-17	777	22	1236	1144	92	0	0	0	2278
Mar-17	1314	20	1693	1040	320	333	0	0	2657
Apr-17	997	20	1824	1040	320	464	0	0	3484
Mei-17	1269	17	1494	884	272	338	0	0	3709
Jun-17	3396	21	1920	1092	336	492	0	0	2233
Jul-17	4017	22	1789	1144	352	293	0	0	5

BAB 7 PENUTUP

7.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan terkait solusi atas permasalahan perencanaan produksi agregat *multi-site*, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Pemodelan permasalahan dapat dilakukan dengan merepresentasikan nilai produksi menggunakan *integer*. Hal ini dapat mewakili nilai solusi (nilai produksi) pada perencanaan agregat produksi. Pada tahap awal, representasi tersebut masuk ke dalam proses PSO dimana setiap satu baris representasi solusi menjadi satu partikel yang selanjutnya akan diperbaiki dengan menggunakan VNS.
2. Mekanisme hibridisasi yang dilakukan oleh penulis terkait algoritme PSO dan VNS dapat dikatakan berhasil. Hal ini terbukti dengan hasil yang didapatkan lebih baik karena kedua metode bekerja bergantian untuk mendapatkan solusi optimal.
3. Metode usulan penulis yakni hibridisasi algoritme PSO-VNS memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan metode lain. Dalam hal ini algoritme PSO-VNS lebih baik dari algoritme PSO dan VNS itu sendiri.

7.2 Saran

Berdasarkan hasil yang telah dicapai maka saran yang dapat ditambahkan untuk pengembangan penelitian agar dapat diimplementasikan dengan baik adalah perlu adanya penelitian terkait waktu terbaik yang diperlukan untuk mendapatkan solusi optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Cholissodin, Imam, dan E Riyandani. 2016. *SWARM INTELLIGENCE (Teori & Case Study)*. Malang: Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya.
- Chuong, Sum Chee, William J. Stevenson, dan Diana Angelica. 2014. *Manajemen Operasi : Perspektif Asia*. 9th ed. Jakarta: Salemba Empat.
- Erfanian, M., dan M. Pirayesh. 2016. "Integration Aggregate Production Planning and Maintenance Using Mixed Integer Linear Programming." In *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, 927–30. doi:10.1109/IEEM.2016.7798013.
- Fauziah, Aprilia Nur, dan Wayan Firdaus Mahmudy. 2017. "Optimasi Komposisi Makanan Untuk Penderita Hipertensi Menggunakan Variable Neighborhood Search." *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer* 1 (9): 754–64.
- Harjanto, Eddy. 2008. *Manajemen Operasi, Edisi Ke-3*. Jakarta: Grasindo.
- Heizer, Jay, dan Barry Render. 2010. *Manajemen Operasi Edisi Ketujuh Buku 1*. Jakarta: Salemba Empat.
- Mahmudy, Wayan Firdaus. 2015a. "Improved Particle Swarm Optimization Untuk Menyelesaikan Permasalahan Part Type Selection Dan Machine Loading Pada Flexible Manufacturing System (FMS)." *Konferensi Nasional Sistem Informasi, Universitas Klabat, Airmadidi, Minahasa Utara, Sulawesi Utara*, no. August: 1003–8.
- . 2015b. "Optimization of Part Type Selection and Machine Loading Problems in Flexible Manufacturing System Using Variable Neighborhood Search." *IAENG International Journal of Computer Science* 42:3 (July): 254–64.
- Moghaddam, R. Tavakkoli, dan N Safaei. 2006. "Solving A Generalized Aggregate Production Planning Problem by Genetic Algorithms." *Journal of Industrial Engineering International* 2 (1): 53–64.
- Naba, Agus, Herditomo, dan Sunaryo. 2014. "Penerapan Metode Hybrid Fuzzy C-Means Dan Particle Swarm Optimization (FCM - PSO) Untuk Segmentasi Citra Geografis." *Jurnal EECCIS* 8 (1): 27–32.
- Nafisah, Laila, Sutrisno, dan Yan Ellia H. Hutagaol. 2016. "Perencanaan Produksi Menggunakan Goal Programming (Studi Kasus Di Bakpia Pathuk 75 Yogyakarta)." *Spektrum Industri* 14: 109–230.
- Nasution, Arman Hakim. 2003. *Perencanaan Dan Pengendalian Produksi*. 1st ed. Surabaya: Guna Widya.
- Octavianti, Itsna Aulia, Nasir Widha Setyanto, Ceria Farela, dan Mada Tantrika.

2012. "Perencanaan Produksi Agregat Produk Tembakau Rajang P01 Dan P02 Di PT X." *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Sistem Industri* 1 (2): 264–74.

Saracoglu, Ozturk, Mehmet Can Arslan, dan Metin Turkey. 2015. "Aggregate Planning Problem from Sustainability Perspective." *International Conference on Advanced Logistics and Transport (ICALT) Aggregate*, 181–86.

Sukendar, Irwan, dan Riki Kristomi. 2012. "Metoda Agregat Planning Heuristik Sebagai Perencanaan Dan Pengendalian Jumlah Produksi Untuk Minimasi Biaya." In *Prosiding Seminar Nasional Teknoin*, 107–12.





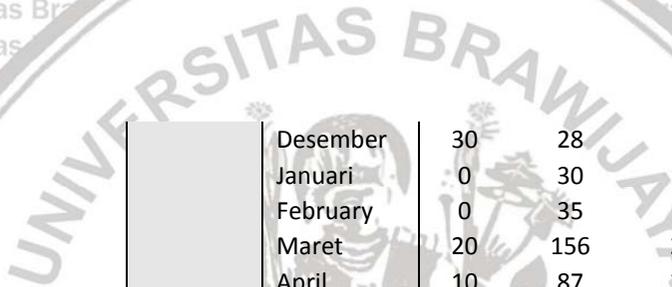
Lampiran 1 Tabel Data Permintaan

Region	Periode	Ukuran								Total
		2	3	4	5	S	M	L	XL	
1	Agustus	30	7	35	87	162	123	190	105	739
	September	0	0	39	75	69	61	50	19	313
	Oktober	0	33	80	148	134	96	134	29	654
	November	0	0	115	215	188	191	130	63	902
	Desember	13	13	20	83	114	112	68	52	475
	Januari	5	12	63	160	182	135	110	44	711
	February	10	10	87	166	160	126	125	93	777
	Maret	30	90	230	244	345	200	102	73	1314
	April	0	47	181	176	152	182	174	85	997
	Mei	50	227	260	227	133	141	135	96	1269
2	Juni	134	647	662	616	500	364	296	177	3396
	Juli	60	577	565	764	786	588	531	146	4017
	Agustus	5	138	117	226	288	340	259	66	1439
	September	5	81	181	192	127	124	63	65	838
	Oktober		60	137	226	163	144	66	75	871
	November	2	30	159	237	196	163	121	39	947
	Desember	10	10	115	133	168	135	75	25	671
	Januari	5	43	118	208	145	208	110	74	911
	February	10	30	91	100	101	95	85	50	562
	Maret	5	77	177	257	179	144	86	27	952
	April	20	190	274	330	244	224	138	71	1491
	Mei	128	485	483	446	417	364	209	128	2660
	Juni	211	548	611	575	236	181	176	122	2660



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

	Juli	177	1024	1302	1142	978	821	831	383	6658
3	Agustus	79	194	374	540	437	669	311	162	2766
	September	52	73	215	240	202	202	122	80	1186
	Oktober	6	42	171	235	192	127	63	28	864
	November	30	70	141	274	209	110	85	25	944
	Desember	11	98	124	151	100	91	105	7	687
	Januari	0	28	112	147	146	183	132	42	790
	February	45	75	189	154	110	116	93	23	805
	Maret	5	37	116	98	85	113	101	60	615
	April	67	202	280	333	336	261	137	60	1676
	Mei	120	351	387	372	331	286	200	71	2118
	Juni	128	638	538	462	313	286	170	82	2617
	Juli	225	949	1423	1098	909	599	394	130	5727
4	Agustus	10	110	394	234	184	510	218	148	1808
	September	17	118	175	168	168	218	336	21	1221
	Oktober	25	79	156	248	254	280	269	144	1455
	November	0	83	204	269	229	222	220	85	1312
	Desember	5	86	143	241	220	175	150	109	1129
	Januari	5	120	190	262	255	245	213	107	1397
	February	0	30	59	107	117	112	117	52	594
	Maret	0	52	199	189	207	241	20	95	1003
	April	20	259	295	310	278	323	352	169	2006
	Mei	138	512	592	576	389	461	491	270	3429
	Juni	131	789	684	607	379	414	384	191	3579
	Juli	208	1050	1171	1137	1161	1243	741	358	7069
5	Agustus	32	32	150	220	297	321	467	324	1843
	September	10	34	39	165	147	125	161	185	866
	Oktober	10	55	142	213	175	225	225	157	1202
	November	10	45	218	234	208	206	240	166	1327



	Desember	30	28	83	133	131	127	140	72	744
	Januari	0	30	112	243	240	258	226	195	1304
	February	0	35	188	217	246	243	295	169	1393
	Maret	20	156	221	255	275	257	284	182	1650
	April	10	87	258	273	289	263	285	141	1606
	Mei	110	446	392	395	302	285	257	180	2367
	Juni	215	918	856	733	510	473	419	250	4374
	Juli	212	900	593	1041	1254	996	815	528	6339
6	Agustus	125	371	418	548	714	889	648	334	4047
	September	42	126	198	255	245	339	290	87	1582
	Oktober	0	45	145	197	152	169	162	62	932
	November	0	52	122	154	53	150	143	40	714
	Desember	7	70	128	172	164	203	168	71	983
	Januari	22	37	94	119	209	136	109	55	781
	February	15	59	59	104	154	203	198	87	879
	Maret	0	28	67	100	97	158	125	53	628
April	78	172	233	303	280	330	284	128	1808	
Mei	144	325	424	361	366	344	291	89	2344	
Juni	275	619	351	515	350	379	326	103	2918	
Juli	138	679	907	1087	999	556	687	252	5305	

Lampiran 2 Tabel Pengujian

2.1 Pengujian PSO

Uji Partikel	Nilai Cost										Rata-rata
	Uji Coba ke-										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
10	4,27E+09	3,86E+09	3,89E+09	3,99E+09	3,88E+09	3952504000	3,85E+09	4,07E+09	4,04E+09	3,93E+09	3,973E+09
20	4,05E+09	4,16E+09	4,2E+09	4,37E+09	4,02E+09	4154861000	4,27E+09	4,22E+09	4,22E+09	4,23E+09	4,189E+09
30	3,75E+09	4,15E+09	4,19E+09	3,95E+09	3,71E+09	3678960500	4,17E+09	3,95E+09	4,26E+09	3,87E+09	3,967E+09
40	4,01E+09	4,13E+09	4,08E+09	3,66E+09	4,25E+09	3877247000	4,03E+09	4,01E+09	4,08E+09	4,08E+09	4,021E+09
50	4,1E+09	3,98E+09	3,81E+09	4,05E+09	3,78E+09	4246636500	3,54E+09	4,11E+09	3,98E+09	3,98E+09	3,957E+09
60	3,9E+09	3,97E+09	3,74E+09	3,85E+09	3,79E+09	3896926000	3,79E+09	3,92E+09	3,79E+09	3,84E+09	3,849E+09
70	3,52E+09	3,98E+09	4,17E+09	3,7E+09	4,29E+09	4080406500	3,98E+09	3,57E+09	3,71E+09	3,93E+09	3,892E+09
80	3,86E+09	4,09E+09	3,69E+09	4,03E+09	3,81E+09	4096327500	3,85E+09	3,88E+09	3,92E+09	3,82E+09	3,904E+09
90	3,85E+09	3,94E+09	3,9E+09	3,9E+09	3,7E+09	3704094500	3,87E+09	3,93E+09	3,82E+09	3,94E+09	3,856E+09
100	3,8E+09	3,72E+09	3,89E+09	3,96E+09	3,82E+09	3867914500	3,91E+09	3,85E+09	3,79E+09	3,84E+09	3,844E+09

Uji Partikel	Waktu Komputasi										Rata-rata
	Uji Coba ke-										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0000
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0000
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0000
40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0000
50	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,0000
60	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,0000
70	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,0000
80	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,0000
90	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,0000
100	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,0000

Uji Iterasi	Nilai Cost										Rata-rata
	Uji Coba ke-										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
150	3,94E+09	3,61E+09	4,09E+09	3,49E+09	4,13E+09	4,07E+09	3,65E+09	4,12E+09	4,03E+09	4,04E+09	3,92E+09
300	3,81E+09	4,02E+09	4,03E+09	3,64E+09	3,88E+09	3,95E+09	3,65E+09	3,94E+09	3,96E+09	3,89E+09	3,88E+09
450	4,02E+09	3,72E+09	3,88E+09	3,72E+09	3,99E+09	3,72E+09	3,94E+09	3,64E+09	3,97E+09	3,57E+09	3,82E+09
600	3,99E+09	3,72E+09	3,8E+09	3,91E+09	3,65E+09	3,69E+09	3,9E+09	4,25E+09	3,8E+09	3,67E+09	3,84E+09
750	3,98E+09	3,6E+09	3,78E+09	3,81E+09	3,74E+09	3,77E+09	3,58E+09	3,68E+09	3,89E+09	3,77E+09	3,76E+09
900	3,56E+09	3,84E+09	3,88E+09	3,7E+09	3,77E+09	3,77E+09	3,59E+09	3,8E+09	3,88E+09	3,59E+09	3,74E+09
1050	3,71E+09	3,7E+09	3,62E+09	3,58E+09	3,75E+09	3,78E+09	3,68E+09	3,75E+09	3,82E+09	3,39E+09	3,68E+09
1200	3,82E+09	3,49E+09	3,46E+09	3,59E+09	3,57E+09	3,82E+09	3,8E+09	3,5E+09	3,64E+09	3,59E+09	3,63E+09
1350	3,79E+09	3,43E+09	3,54E+09	3,56E+09	3,52E+09	3,59E+09	3,52E+09	3,28E+09	3,53E+09	3,67E+09	3,54E+09
1500	3,66E+09	3,65E+09	3,64E+09	3,6E+09	3,46E+09	3,72E+09	3,62E+09	3,48E+09	3,37E+09	3,49E+09	3,57E+09

Uji Partikel	Waktu Komputasi										Rata-rata
	Uji Coba ke-										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
300	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
450	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
600	2	2	3	2	2	2	2	3	2	2	2,2
750	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
900	3	4	4	4	4	3	4	4	4	4	3,8
1050	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	3,9
1200	5	4	3	4	4	5	4	3	4	4	4
1350	4	4	4	3	3	4	4	4	4	5	3,9
1500	5	5	5	5	5	5	5	6	5	5	5,1



Uji Kombinasi		Nilai Cost										Rata-rata
		Uji Coba ke-										
C1	C2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	1	3,65E+09	3,49E+09	3,49E+09	3,72E+09	3623585500	3,53E+09	3,56E+09	3,64E+09	3,51E+09	3,53E+09	3573347500
1	1,5	3,3E+09	3,35E+09	3,27E+09	3,33E+09	3775746500	3,47E+09	3,73E+09	3,41E+09	3,44E+09	3,44E+09	3452493450
1	2	3,18E+09	3,49E+09	3,12E+09	3,19E+09	3165632500	3,14E+09	3,32E+09	3,29E+09	3,26E+09	3,258E+09	3241080900
1,5	1	3,72E+09	3,5E+09	3,67E+09	3,52E+09	3497744000	3,59E+09	3,74E+09	3,49E+09	3,49E+09	3,644E+09	3585967250
1,5	1,5	3,64E+09	3,46E+09	3,41E+09	3,5E+09	3391315000	3,41E+09	3,41E+09	3,45E+09	3,63E+09	3,362E+09	3466314550
1,5	2	3,23E+09	3,76E+09	3,19E+09	3,3E+09	3266035500	3,38E+09	3,34E+09	3,24E+09	3,16E+09	3,409E+09	3328069150
2	1	3,52E+09	3,47E+09	3,57E+09	3,49E+09	3360469500	3,63E+09	3,52E+09	3,64E+09	3,5E+09	3,708E+09	3540408350
2	1,5	3,36E+09	3,33E+09	3,39E+09	3,55E+09	3347147000	3,4E+09	3,54E+09	3,65E+09	3,34E+09	3,308E+09	3420962300
2	2	3,4E+09	3,2E+09	3,35E+09	3,45E+09	3169453000	3,67E+09	3,21E+09	3,28E+09	3,3E+09	3,339E+09	3337133450

Uji Bobot Inersia	Nilai Cost										Rata-rata
	Uji Coba ke-										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
0,1	4,24E+09	4,25E+09	4,42E+09	4,4E+09	4,39E+09	4227638000	4,3E+09	4,31E+09	4,38E+09	4,2E+09	4,313E+09
0,2	4,17E+09	4,14E+09	4,29E+09	4,24E+09	4,4E+09	3946433000	4,33E+09	4,25E+09	4,38E+09	4,22E+09	4,237E+09
0,3	4,12E+09	3,95E+09	4,1E+09	4,15E+09	4,31E+09	4094018000	4,22E+09	3,94E+09	4E+09	4,29E+09	4,119E+09
0,4	4E+09	3,83E+09	3,99E+09	3,78E+09	3,8E+09	3819083500	4,01E+09	4,01E+09	3,85E+09	3,94E+09	3,902E+09
0,5	3,49E+09	3,79E+09	3,42E+09	3,55E+09	3,49E+09	3523735000	3,82E+09	3,6E+09	3,5E+09	3,48E+09	3,566E+09
0,6	3,3E+09	3,15E+09	3,43E+09	3,28E+09	3,18E+09	3344426000	3,39E+09	3,32E+09	3,47E+09	3,38E+09	3,325E+09
0,7	3,07E+09	3,07E+09	2,9E+09	3,22E+09	3,33E+09	3034214000	3,27E+09	3,13E+09	3,09E+09	3,04E+09	3,116E+09
0,8	3,23E+09	2,94E+09	2,98E+09	2,91E+09	2,97E+09	2992761500	2,86E+09	3,2E+09	2,87E+09	2,94E+09	2,99E+09
0,9	2,8E+09	2,93E+09	2,95E+09	3,21E+09	2,94E+09	3053171500	3,01E+09	2,94E+09	3,05E+09	2,98E+09	2,985E+09

2.2 Pengujian VNS

Nilai Tetangga	Nilai Cost										
	Uji Coba Ke-										Rata2
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	6,33E+09	6,34E+09	6,33E+09	6,33E+09	6,33E+09	6,33E+09	6,34E+09	6,33E+09	6,33E+09	6,26E+09	6,33E+09
2	5,94E+09	5,95E+09	5,95E+09	5,94E+09	5,93E+09	5,95E+09	5,95E+09	5,93E+09	5,94E+09	5,94E+09	5,4E+09
3	5,85E+09	5,85E+09	5,85E+09	5,86E+09	5,85E+09	5,85E+09	5,86E+09	5,85E+09	5,85E+09	5,85E+09	5,32E+09
4	5,78E+09	5,77E+09	5,77E+09	5,77E+09	5,77E+09	5,78E+09	5,77E+09	5,78E+09	5,77E+09	5,77E+09	5,25E+09
5	5,7E+09	5,69E+09	5,7E+09	5,69E+09	5,7E+09	5,7E+09	5,69E+09	5,7E+09	5,68E+09	5,7E+09	5,18E+09
6	5,61E+09	5,62E+09	5,61E+09	5,62E+09	5,63E+09	5,63E+09	5,61E+09	5,63E+09	5,63E+09	5,6E+09	5,11E+09
7	5,53E+09	5,54E+09	5,55E+09	5,54E+09	5,53E+09	5,54E+09	5,54E+09	5,55E+09	5,54E+09	5,53E+09	5,04E+09
8	5,46E+09	5,46E+09	5,46E+09	5,47E+09	5,47E+09	5,49E+09	5,46E+09	5,46E+09	5,45E+09	5,47E+09	4,97E+09
9	5,39E+09	5,39E+09	5,36E+09	5,38E+09	5,4E+09	5,39E+09	5,38E+09	5,39E+09	5,36E+09	5,38E+09	4,89E+09

Nilai Tetangga	Waktu Komputasi										Rata2	
	Uji Coba Ke-											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
5	3	3	5	8	4	5	3	7	5	5	5	4,8
6	10	11	11	9	11	11	11	10	11	11	11	10,6
7	33	33	33	31	33	35	30	35	31	33	33	32,7
8	120	123	121	127	121	128	131	116	121	118	118	122,6
9	566	534	805	603	607	958	614	600	694	1140	1140	712,1





Nilai Iterasi	Nilai Cost											Rata2
	Uji Coba Ke-											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
100	5,64E+09	5,58E+09	5,66E+09	5,63E+09	5,62E+09	5,61E+09	5,63E+09	5,63E+09	5,63E+09	5,66E+09	5,63E+09	5,63E+09
200	5,06E+09	5,14E+09	5,07E+09	5,15E+09	5,08E+09	5,12E+09	5,1E+09	5,16E+09	5,15E+09	5,15E+09	5,12E+09	5,12E+09
300	4,63E+09	4,63E+09	4,65E+09	4,6E+09	4,57E+09	4,67E+09	4,67E+09	4,67E+09	4,63E+09	4,64E+09	4,64E+09	4,64E+09
400	4,17E+09	4,15E+09	4,21E+09	4,16E+09	4,16E+09	4,2E+09	4,12E+09	4,12E+09	4,2E+09	4,11E+09	4,16E+09	4,16E+09
500	3,71E+09	3,68E+09	3,64E+09	3,69E+09	3,71E+09	3,69E+09	3,69E+09	3,68E+09	3,7E+09	3,7E+09	3,69E+09	3,69E+09
600	3,21E+09	3,23E+09	3,22E+09	3,23E+09	3,2E+09	3,27E+09	3,22E+09	3,37E+09	3,23E+09	3,25E+09	3,25E+09	3,25E+09
700	2,84E+09	2,86E+09	2,85E+09	2,85E+09	2,87E+09	2,83E+09	2,85E+09	2,86E+09	2,82E+09	2,92E+09	2,85E+09	2,85E+09
800	2,64E+09	2,65E+09	2,65E+09	2,64E+09	2,65E+09	2,64E+09	2,65E+09	2,64E+09	2,65E+09	2,64E+09	2,65E+09	2,65E+09

Nilai Iterasi	Waktu Komputasi										Rata2	
	Uji Coba Ke-											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
300	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0,2
400	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1,1
500	2	2	2	2	3	2	0	2	2	2	2	1,9
600	2	4	2	2	2	2	2	4	2	2	2	2,4
700	5	5	3	4	3	3	3	6	4	3	3	3,9
800	5	14	5	4	7	60	37	8	5	5	5	15

Lampiran 3 Tabel Produksi

2.1 Tabel Produksi Hasil Terbaik PSO

Region	Periode											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	500	1056	500	500	3000	500	500	500	500	2701	3000	2068
2	3150	700	700	700	4600	700	700	2520	700	700	700	2772
3	600	1452	600	3800	3800	600	3800	600	600	600	1577	600
4	900	5200	900	900	900	5200	2294	900	5200	900	900	900
5	4600	700	700	700	700	700	4600	700	2839	700	4600	3476
6	3800	1590	1644	600	3800	2520	600	600	2520	3800	600	600

2.2 Tabel Produksi Hasil Terbaik VNS

Region	Periode											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	733	686	527	748	746	807	1376	1685	1816	1574	1962	2892
2	1440	848	873	933	847	1571	1230	2431	2472	2134	3116	2767
3	2329	1231	1105	671	724	757	1591	811	1024	1842	7237	1018
4	2734	911	841	1996	826	1015	842	2977	3025	2346	3213	5277
5	2036	707	1915	774	980	1169	1487	2954	3138	2228	3295	4331
6	3906	1583	964	683	979	825	2548	1300	2488	2113	2615	2767

2.3 Tabel Produksi Hasil Terbaik Hybrid

Region	Periode											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	761	674	754	1050	572	1340	1201	1854	1877	1573	1944	1941
2	2161	744	805	779	1555	1014	1643	1283	2515	2060	3337	2752
3	3088	896	957	822	760	1009	2426	1605	2155	1083	2121	3871
4	2898	903	878	1125	2879	642	1417	2903	2492	2851	3373	3643
5	2742	862	724	921	746	2818	3278	867	2924	2656	3269	3207
6	4158	2071	872	832	703	837	953	1003	2459	1917	3581	3539



Lampiran 4 Tabel Agregat

Berikut adalah tabel agregat yang didapatkan dari hasil terbaik implementasi metode *hybrid* pada tiap cabang *regional* produksi.

3.1. Tabel Agregat *Region 1*

Periode	Permintaan	Hari Kerja	Produksi	rt	ot	st	ht	ft	it
Agu-16	739	21	744	744	0	0	0	0	5
Sep-16	313	20	809	809	0	0	0	0	501
Okt-16	654	21	617	617	0	0	0	0	464
Nov-16	902	21	1222	1092	130	0	0	0	784
Des-16	475	21	1116	1092	24	0	0	0	1425
Jan-17	711	20	1105	1040	65	0	0	0	1819
Feb-17	777	22	1236	1144	92	0	0	0	2278
Mar-17	1314	20	1693	1040	320	333	0	0	2657
Apr-17	997	20	1824	1040	320	464	0	0	3484
Mei-17	1269	17	1494	884	272	338	0	0	3709
Jun-17	3396	21	1920	1092	336	492	0	0	2233
Jul-17	4017	22	1789	1144	352	293	0	0	5

3.2. Tabel Agregat *Region 2*

Periode	Permintaan	Hari Kerja	Produksi	rt	ot	st	ht	ft	it
Agu-16	1439	21	1545	1512	33	0	0	0	106
Sep-16	838	20	894	894	0	0	0	0	162
Okt-16	871	21	985	985	0	0	0	0	276
Nov-16	947	21	854	854	0	0	0	0	183
Des-16	671	21	1095	1095	0	0	0	0	607
Jan-17	911	20	1475	1440	35	0	0	0	1171
Feb-17	562	22	2463	1584	396	483	0	0	3072
Mar-17	952	20	2359	1440	360	559	0	0	4479
Apr-17	1491	20	1501	1440	61	0	0	0	4489
Mei-17	2660	17	2134	1224	306	604	0	0	3963
Jun-17	2660	21	2603	1512	378	713	0	0	3906
Jul-17	6658	22	2761	1584	396	781	0	0	9

3.3. Tabel Agregat Region 3

Periode	Permintaan	Hari Kerja	Produksi	rt	ot	st	ht	ft	it
Agu-16	2766	21	2765	1365	420	546	3	0	-1
Sep-16	1186	20	1427	1300	127	0	0	0	241
Okt-16	864	21	662	662	0	0	0	0	39
Nov-16	944	21	950	950	0	0	0	0	45
Des-16	687	21	1208	1208	0	0	0	0	566
Jan-17	790	20	1327	1300	27	0	0	0	1103
Feb-17	805	22	1593	1430	163	0	0	0	1891
Mar-17	615	20	2154	1300	400	454	0	0	3430
Apr-17	1676	20	2145	1300	400	445	0	0	3899
Mei-17	2118	17	1880	1105	340	435	0	0	3661
Jun-17	2617	21	2281	1365	420	496	0	0	3325
Jul-17	5727	22	2412	1430	440	542	0	0	10

3.4. Tabel Agregat *Region 4*

Periode	Permintaan	Hari Kerja	Produksi	rt	ot	st	ht	ft	it
Agu-16	1808	21	1896	1896	0	0	0	0	88
Sep-16	1221	20	1141	1141	0	0	0	0	8
Okt-16	1455	21	1967	1967	0	0	0	0	520
Nov-16	1312	21	1199	1199	0	0	0	0	407
Des-16	1129	21	1301	1301	0	0	0	0	579
Jan-17	1397	20	1090	1090	0	0	0	0	272
Feb-17	594	22	1752	1752	0	0	0	0	1430
Mar-17	1003	20	2458	1920	480	58	0	0	2885
Apr-17	2006	20	3246	1920	480	846	0	0	4125
Mei-17	3429	17	2824	1632	408	784	0	0	3520
Jun-17	3579	21	3500	2016	504	980	0	0	3441
Jul-17	7069	22	3623	2112	528	983	0	0	-5

3.5. Tabel Agregat *Region 5*

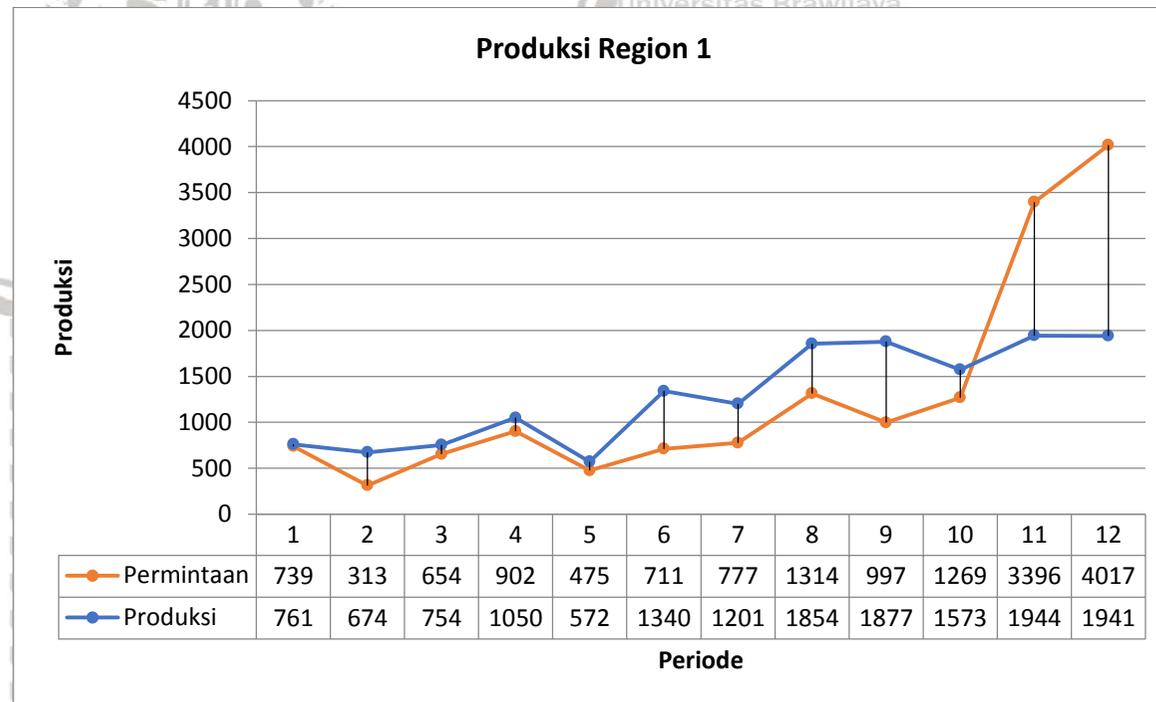
Periode	Permintaan	Hari Kerja	Produksi	rt	ot	st	ht	ft	it
Agu-16	1843	21	1863	1863	0	0	0	0	20
Sep-16	866	20	868	868	0	0	0	0	22
Okt-16	1202	21	1863	1863	0	0	0	0	683
Nov-16	1327	21	1163	1163	0	0	0	0	519
Des-16	744	21	1081	1081	0	0	0	0	856
Jan-17	1304	20	2022	1820	202	0	0	0	1574
Feb-17	1393	22	2204	2002	202	0	0	0	2385
Mar-17	1650	20	1965	1820	145	0	0	0	2700
Apr-17	1606	20	3064	1820	560	684	0	0	4158
Mei-17	2367	17	2208	1547	476	185	0	0	3999
Jun-17	4374	21	3263	1911	588	764	0	0	2888
Jul-17	6339	22	3452	2002	616	834	0	0	1

3.6. Tabel Agregat *Region 6*

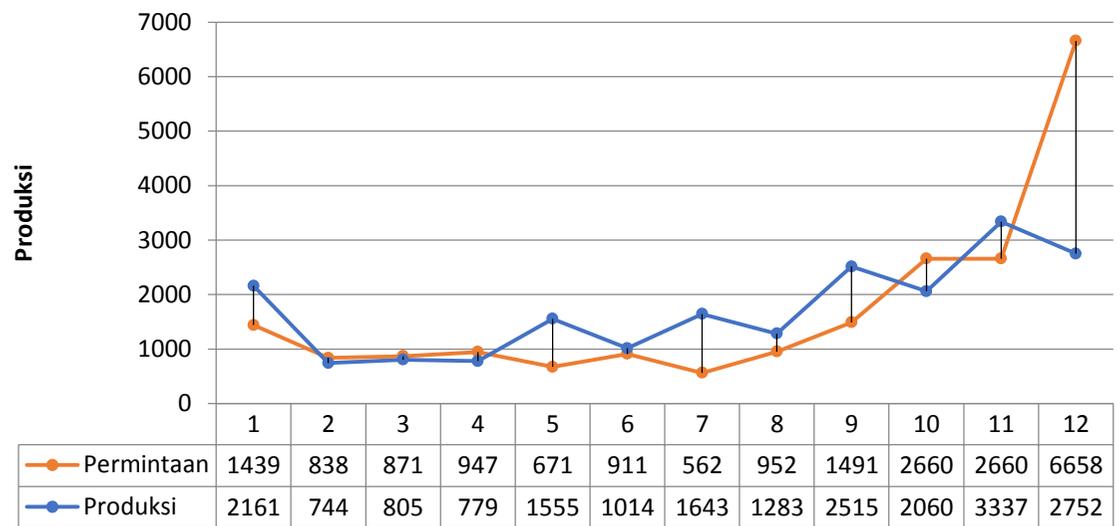
Periode	Permintaan	Hari Kerja	Produksi	rt	ot	st	ht	ft	it
Agu-16	4047	21	4056	1512	378	756	7	0	9
Sep-16	1582	20	1623	1440	183	0	0	0	50
Okt-16	932	21	1130	1130	0	0	0	0	248
Nov-16	714	21	1151	1151	0	0	0	0	685
Des-16	983	21	832	832	0	0	0	0	534
Jan-17	781	20	1406	1406	0	0	0	0	1159
Feb-17	879	22	1422	1422	0	0	0	0	1702
Mar-17	628	20	2093	1440	360	293	0	0	3167
Apr-17	1808	20	2186	1440	360	386	0	0	3545
Mei-17	2344	17	1975	1224	306	445	0	0	3176
Jun-17	2918	21	2530	1512	378	640	0	0	2788
Jul-17	5305	22	2514	1584	396	534	0	0	-3

Lampiran 5 Grafik Perbandingan Permintaan dan Produksi

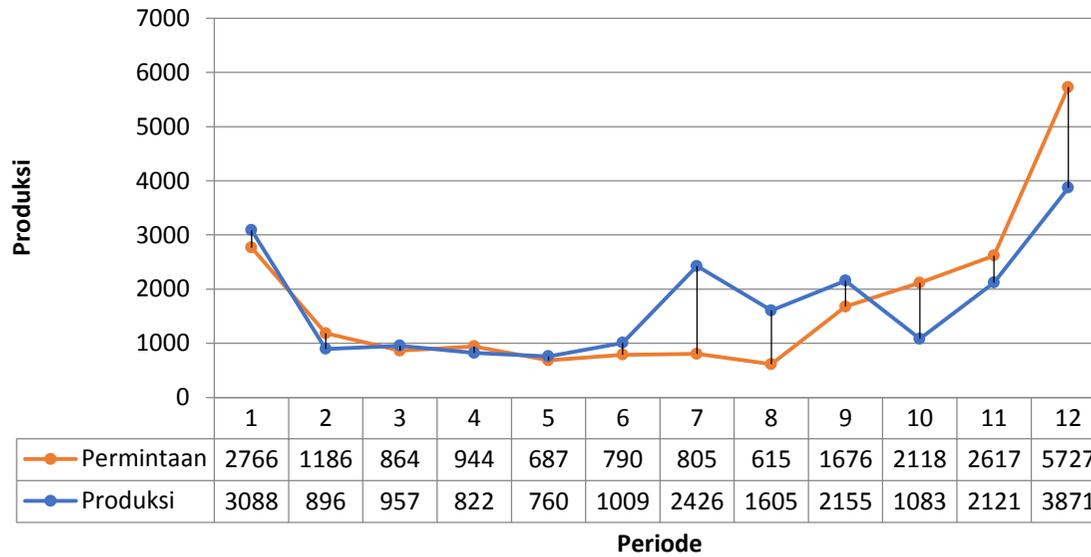
Berikut adalah tabel dan grafik perbandingan antara permintaan konsumen dan juga jumlah produksi hasil terbaik dari implementasi metode *hybrid* pada tiap cabang *regional* produksi.



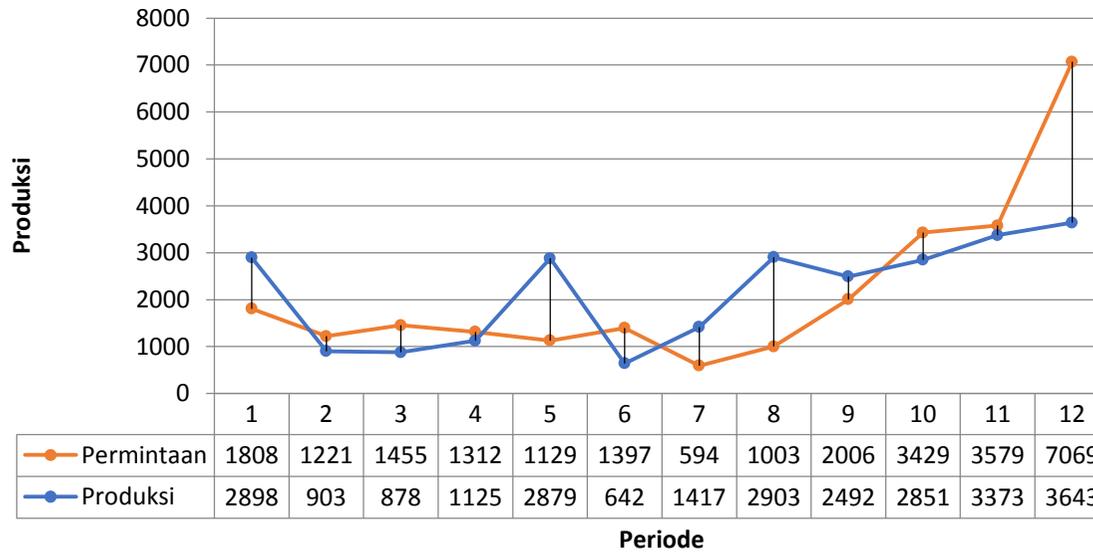
Produksi Region 2



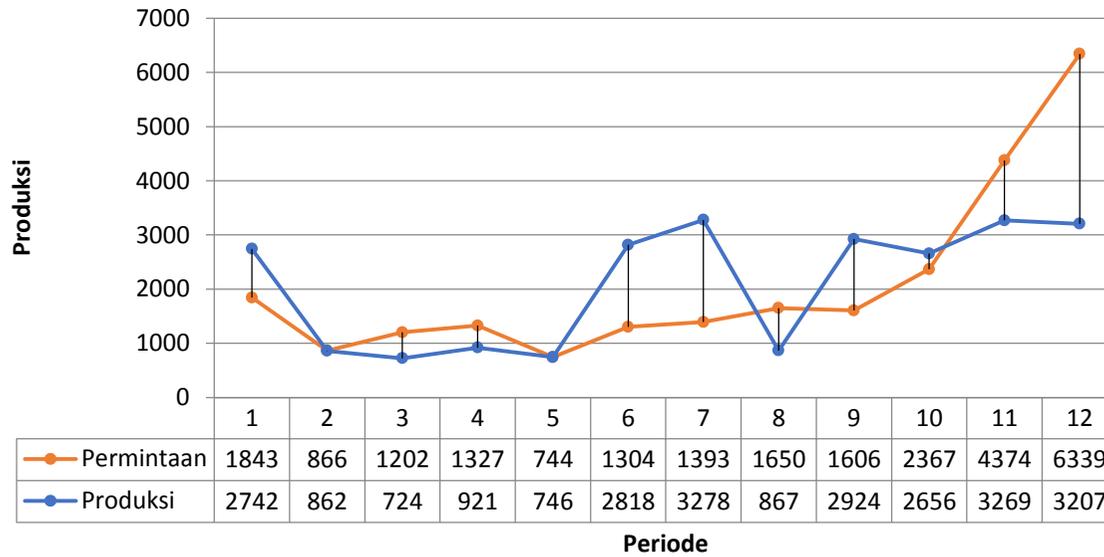
Produksi Region 3



Produksi Regional 4



Produksi Region 5



Produksi Region 6

