

Usulan Peningkatan Kapasitas dengan Meningkatkan Kinerja Lini Produksi Melalui Model Simulasi (Studi Kasus di PT X, Bekasi)

Capacity Improvement by Improving Production Line Performance Through Simulation Model (Case Study at PT X, Bekasi)

Kirana Hapsari, Victor Suhandi

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Maranatha, Bandung
E-Mail : kiranahapsari@gmail.com, victorsuhandi@yahoo.com

Abstrak

PT X adalah perusahaan manufaktur yang bergerak di bidang otomotif kendaraan komersial. Perusahaan ini memproduksi truck dengan model N-Series dan F-Series. Cabin pada model F-Series lebih besar dibandingkan N-Series. Permasalahan yang terjadi adalah kapasitas produksi departemen paint shop tidak mencapai target. Departemen paint shop hanya mencapai output sebesar 40 unit N-Series per shift dan 9 unit F-Series per shift, padahal output yang diinginkan perusahaan sebesar 43 unit N-Series per shift dan 11 unit F-Series per shift. Departemen paint shop memiliki 34 proses produksi untuk masing-masing model cabin. Satu stasiun kerja dengan stasiun kerja lainnya saling berkaitan untuk mencapai output perusahaan. Metode penyelesaian masalah menggunakan simulasi komputer, karena ketergantungan antar variabel sistem yang sangat kompleks. Pembuatan model simulasi awal dengan pemeriksaan program komputer sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Model simulasi dijalankan untuk dievaluasi dan dianalisis hingga hasil simulasi awal mencapai 40 unit N-Series per shift dan 9 unit F-Series per shift. Kemudian akan dilakukan eksperimen pada model usulan dengan penentuan alternatif tindakan berdasarkan variabel keputusan pada influence diagram, seperti perubahan waktu proses, perubahan jumlah operator, perubahan daya tampung, jumlah mesin yang akan digunakan, hingga penugasan operator. Hasil simulasi usulan mencapai 43 unit N-Series per shift dan 11 unit F-Series per shift. Hal tersebut telah sesuai dengan target yang perusahaan inginkan.

Kata Kunci: Simulasi, Influence Diagram, Kapasitas Produksi.

Abstract

PT X is a manufacturing company that producing automotive commercial vehicles. This company manufactures trucks with type of N-Series and F-Series. Cabin F-Series bigger than N-Series. The problem is the target of paint shop department production capacity are not achieve. Paint shop department only achieve 40 unit per shift N-Series and 9 unit F-Series per shift, whereas the desired output the company by 43 unit per shift N-Series and 11 unit F-Series per shift. Paint shop department has 34 production process for both type of cabin, and every work station has interrelated. The method of problem solving is by using computer simulation, because of the complexity of systems variables dependencies. We makes the existing simulation model by examination the computer simulation model elements. The simulation model is run repeatedly to be evaluated and analysed to achieve an output of 40 unit per shift N-Series and 9 unit F-Series per shift. And then, we perform simulation experiments on the decisions variables, such as the time changes, changes in the number of operators, changes in capacity, the number of machines that will be used, until the operator assignments. The result of proposed simulation has reached 43 unit per shift N-Series and 11 unit F-Series per shift. So, the company's target is accomplished.

Keywords: Simulation, Influence Diagram, Production Capacity.

1. Pendahuluan

Studi simulasi bermanfaat untuk memodelkan masalah yang kompleks. Lini produksi memiliki banyak faktor produksi dan hubungannya yang kompleks sehingga permasalahan ini dapat dipandang sebagai masalah yang kompleks. Papadopoulos (2009) menyebutkan simulasi lini produksi merupakan sarana yang sangat ampuh untuk dapat memperoleh ukuran kinerja dimana metode analitik akan sulit bahkan tidak dapat digunakan. Di dalamnya terdapat model umum untuk lini produksi yang digambarkan memiliki beberapa stasiun kerja, dan di setiap stasiun kerja memiliki sejumlah mesin paralel, kemudian di antara stasiun kerja terdapat buffer. Komposisi lini produksi seperti demikian akan memunculkan permasalahan keseimbangan beban kerja, pengalokasian server, dan pengalokasian buffer. Heshmat (2013) menyampaikan studi simulasi diterapkan untuk mengukur kinerja lini produksi dengan cara menganalisisnya dan mencari bottleneck yang ada sehingga permasalahan-permasalahan tersebut muncul ketika menganalisis lini produksi.

Ukuran kinerja dari lini produksi dapat berupa (Papadopoulos, 2009):

- *Throughput*
- Utilisasi setiap *work-station*
- Rata-rata tingkat *buffer*
- Rata-rata *work-in-process*
- Rata-rata waktu menunggu pekerjaan

Simulasi menjadi sarana yang sangat populer untuk memecahkan permasalahan lini produksi. Heshmat (2013) mengamati lini produksi semen, Khalafi (2014) menunjukkan betapa efektifnya simulasi dalam menganalisis *bottlenecks* pada lini produksi *industrial valve*, Saidabad (2015) meneliti peningkatan laju produksi peleburan baja yang dipengaruhi faktor eksternal dan internal yang menggambarkan faktor-faktor yang tidak dapat dikendalikan dan yang sebaliknya. Hasil penelitiannya merekomendasikan hal-hal detail yang dapat dihasilkan dari studi simulasi seperti mengatur waktu makan dan membuat penyimpanan di antara stasiun kerja. Wirabhiana (2008) meminimasi ketidakseimbangan beban kerja lini perakitan truk dengan membandingkan efisiensi lini perakitan awal dengan empat lini perakitan usulan. Hafezalkotob (2014) menunjukkan permasalahan ketidakseimbangan lini produksi pipa dengan cara mengidentifikasi *bottlenecks* kemudian dengan simulasi dapat memberikan pemahaman untuk melakukan perbaikan seperti perubahan lokasi dan secara tepat merekomendasikan peningkatan kinerja di suatu stasiun kerja.

Studi simulasi dinilai sangat mampu untuk memecahkan permasalahan lini produksi terkait peningkatan kapasitas. Peningkatan kapasitas ini dapat melalui analisis utilisasi yang kemudian dilanjutkan dengan penentuan *bottlenecks*. Hasil yang diharapkan adalah dapat melakukan perbaikan yang sangat spesifik terkait kapasitas lokasi atau sumber daya tertentu, dan terus berkelanjutan seperti siklus hingga mencapai kapasitas yang diinginkan. Perbaikan dapat berupa peningkatan kapasitas secara langsung ataupun perubahan cara kerja sehingga beban kerja antar stasiun menjadi lebih seimbang.

PT X merupakan industri manufaktur yang bergerak di bidang otomotif kendaraan komersial. Perusahaan ini memproduksi dua jenis *truck* dengan model *N-Series* dan *F-Series*, dimana ukuran *cabin F-Series* lebih besar dibandingkan *N-Series*. Proses pengecatan merupakan salah satu prosesnya. Berdasarkan pengamatan dan wawancara yang telah dilakukan, kapasitas produksi pada departemen *paint shop* masih perlu ditingkatkan, karena *output* yang dihasilkan hanya mencapai 40 unit *N-Series* per *shift* dan 9 unit *F-Series* per *shift*. Padahal target *output* yang diinginkan perusahaan adalah 43 unit *N-Series* per *shift* dan 11 unit *F-Series* per *shift*. Penyebab dari permasalahan tersebut adalah pengerjaan *painting truck* untuk model *N-Series* dan *F-Series* pada proses *paint shop* disatukan dalam satu jalur yang sama, dengan waktu proses pengerjaan yang berbeda untuk masing-masing model *cabin*. Sehingga hal tersebut menyebabkan terjadinya *blocking* pada saat proses produksi berlangsung. Selain itu, kualitas *cabin* yang dihasilkan pada setiap proses produksi tidak sesuai dengan target perusahaan, yang menyebabkan proses

PENINGKATAN KAPASITAS DENGAN MENINGKATKAN KINERJA LINI (Kirana H., dkk.)

penanggulangan *defect* diakhir proses *painting* lama. Dengan tingginya waktu proses di beberapa stasiun kerja, maka kapasitas produksi dapat menurun karena proses produksi melebihi waktu siklus yang telah ditetapkan perusahaan.

Batasan yang digunakan dalam penelitian ini adalah objek penelitian hanya membahas proses produksi *paint shop*, penelitian menggunakan data waktu proses produksi *paint shop* untuk model *cabin N-Series* dan *F-Series*, periode pengukuran waktu operasi dilakukan dari tanggal 1 September 2014 sampai dengan 30 September 2014 dengan jam kerja normal, yaitu 8 jam kerja efektif, dan ukuran kinerja simulasi diukur dari jumlah *output* yang dihasilkan oleh model simulasi tersebut. Sedangkan asumsi yang digunakan adalah tidak ada pergantian operator pada saat dilakukan penelitian dan jumlah alat *material handling cabin* yaitu *dolly* selalu mencukupi.

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah memberikan usulan jadwal urutan pengerjaan *cabin truck N-Series* dan *F-Series* pada stasiun kerja pertama departemen *paint shop* dan memberikan usulan kapasitas terkait sumber daya dalam lini untuk mencapai *output* yang diinginkan pada proses produksi *paint shop*.

Proses produksi *painting cabin* dikerjakan pada satu jalur yang sama, dengan waktu proses untuk model *N-Series* dan *F-Series* berbeda. *Painting cabin* ini dilakukan 34 proses untuk masing-masing model *cabin*, dimana proses satu dan lainnya berkaitan untuk menghasilkan kapasitas produksi. Dikarenakan ketergantungan satu variabel dengan variabel lainnya yang sangat kompleks, digunakan model simulasi menggunakan *software* ProModel untuk menghasilkan peningkatan kapasitas produksi *paint shop*. Simulasi didefinisikan sebagai sekumpulan metode dan aplikasi untuk menirukan atau merepresentasikan perilaku dari suatu sistem nyata, yang biasanya dilakukan pada komputer dengan menggunakan perangkat lunak tertentu (Law, 1991). Wawasan mengenai perilaku sistem sebenarnya didapatkan dengan mempelajari kebiasaan dari model (Harrel, 2003). Melalui model tersebut, pembuat simulasi pun dapat menganalisis untuk memahami kondisi suatu sistem. Pembuatan simulasi ini agar dapat mewakili proses *paint shop*, sehingga dapat menghemat biaya dan waktu dibandingkan pengaturan langsung di pabrik yang beresiko besar apabila terjadi kegagalan, serta tidak akan menghambat proses produksi *cabin* yang sedang berlangsung.

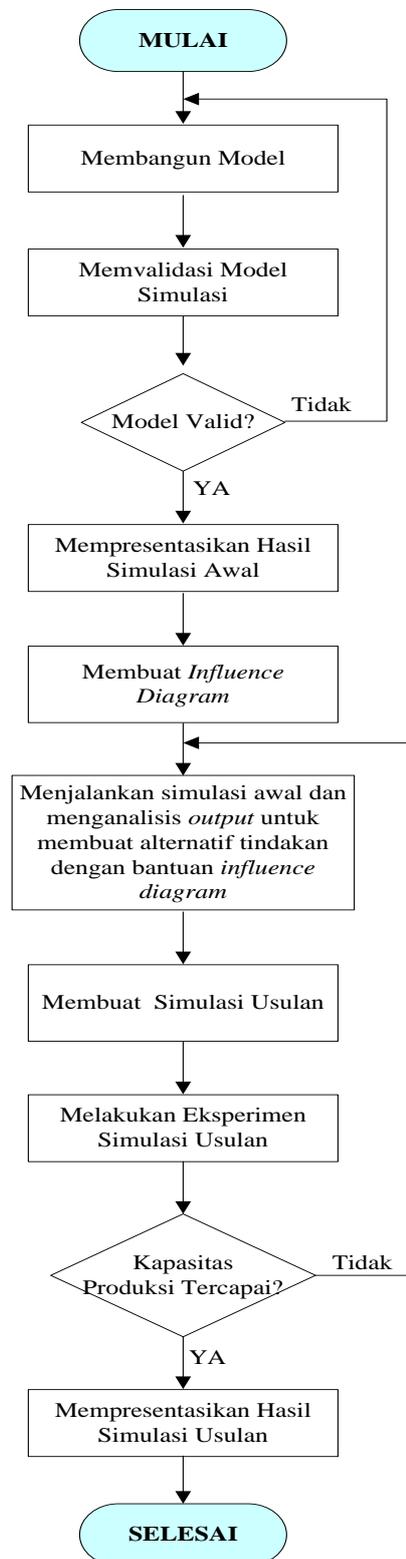
Penentuan alternatif tindakan yang akan dilakukan dengan menggunakan *influence* diagram. *Influence* diagram adalah salah satu cara yang tepat untuk menggambarkan sistem secara garis besar guna menggali informasi dalam konteks hubungan struktural (*structural relationship*) dan hubungan sebab-akibat (*causal relationship*) antar komponen-komponen sistem (Daellenbach, 1994). Pada penelitian ini, *influence* diagram digunakan untuk mempertimbangkan faktor-faktor yang mempengaruhi seluruh performansi sistem, sehingga dapat mengetahui variabel keputusan yang akan diterapkan pada model simulasi usulan, agar kapasitas produksi departemen *paint shop* sesuai dengan target yang diinginkan perusahaan.

Diagram alir dari pengolahan data yang akan dilakukan ditunjukkan pada Gambar 1. Adapun keterangan langkah-langkah dari diagram alir pengolahan data tersebut adalah:

1. Membangun Model

Langkah awal untuk membangun simulasi yaitu dengan membuat *layout* berdasarkan lantai produksi *paint shop* di PT X. Susunan mesin dan ukuran *layout* juga sesuai dengan kondisi aktual PT X. *Layout* ini akan digunakan sebagai *background* pada model simulasi. Gambar 2 menunjukkan *layout* proses produksi *paint shop*. Setelah *layout* dibuat, langkah selanjutnya adalah pembuatan lokasi. Lokasi dibuat untuk tempat operasi yang dilakukan *entity (input)* berupa *cabin N-Series* dan *F-Series*. Lokasi ini dinyatakan dalam rupa gambar seperti mesin-mesin, stasiun kerja, WIP, antrian, dan sebagainya yang menggambarkan lokasi pada *paint shop*. Kemudian penentuan entitas yang merupakan *input* yang akan mengalami proses yaitu *cabin N-Series* dan *F-Series*. Selanjutnya pembuatan blok *processing* sebagai operasi yang terjadi di dalam sistem dan perpindahan entitas antar lokasi. Tahap membangun model pun perlu memperhatikan *arrivals* yang menyatakan kedatangan *entity* pertama kali pada suatu sistem yang akan diamati. Penentuan waktu *warm-up period* pun sangat penting untuk model simulasi *nonterminating*. Penentuan waktu *warm-up period* dilakukan dengan menjalankan model selama 22 jam dengan *interval length* selama 1

jam, sehingga menghasilkan *output* data sebanyak 22 periode. Replikasi dilakukan 1 kali, karena *input* data yang digunakan (yaitu waktu proses pengerjaan *cabin*) bersifat deterministik. *Output* data 22 periode *N-Series* akan dihitung menggunakan metode *welch moving average* untuk melihat kondisi *steady state* model. Nilai *w* (*moving average window*) yang digunakan dalam perhitungan *welch moving average* yaitu 6. Semakin ditingkatkan nilai *w* maka semakin meningkat pula “kehalusan” dari *moving average plot*.



Gambar 1. Diagram Alir Pengolahan Data

2. Memvalidasi Model Simulasi

Model simulasi yang dibangun harus kredibel. Representasi kredibel sistem nyata oleh model simulasi ditunjukkan oleh verifikasi dan validasi model. Pada tahap ini dilakukan validasi internal dan validasi eksternal terhadap model simulasi. Validasi internal biasa disebut dengan tahap verifikasi. Verifikasi adalah pemeriksaan apakah program komputer simulasi berjalan sesuai dengan yang diinginkan, melalui pemeriksaan program komputer. Verifikasi memeriksa penerjemahan model simulasi konseptual (diagram alur dan asumsi) ke dalam bahasa pemrograman secara benar (Law, 1991).

Validasi eksternal merupakan tahap validasi model, yaitu penentuan apakah model konseptual simulasi adalah representasi akurat dari sistem nyatanya (Law, 1991). Pada penelitian ini, model simulasi dijalankan berulang kali untuk dievaluasi dan dianalisis, apakah hasil yang didapatkan sudah mencapai target yang diinginkan perusahaan pada bulan September 2014, yaitu 40 unit *N-Series* per *shift* dan 9 unit *F-Series* per *shift*. Apabila model sudah mencapai target perusahaan, maka dapat dikatakan model valid.

PENINGKATAN KAPASITAS DENGAN MENINGKATKAN KINERJA LINI (Kirana H., dkk.)

3. Mempresentasikan Hasil Simulasi Awal

Menyampaikan hasil yang didapat dari model simulasi dan memberikan keputusan dari hasil tersebut. Dalam hal ini melihat *output* yang dihasilkan dari hasil simulasi sesuai dengan produksi aktual atau tidak, yaitu 40 unit *N-Series* per *shift* dan 9 unit *F-Series* per *shift*. Bila telah sesuai maka model dapat digunakan karena sudah lolos dari tahap uji verifikasi dan validasi model.

4. Membuat Influence Diagram

Influence diagram digunakan untuk menggambarkan suatu pendekatan sistem yang menunjukkan ketergantungan satu variabel dengan variabel lainnya, sehingga mengetahui seluruh faktor-faktor yang dapat mempengaruhi performansi proses *paint shop* terhadap peningkatan kapasitas produksi. Dengan membuat *influence diagram*, dapat mengetahui variabel keputusan untuk mengambil alternatif tindakan yang akan diterapkan pada pembuatan simulasi usulan hingga mencapai kapasitas produksi sesuai dengan target perusahaan yang diinginkan.

5. Membuat Simulasi Usulan

Pada tahap sebelumnya didapatkan pencapaian *output* dari sistem aktual perusahaan. Kemudian dilakukan ulang pembuatan model simulasi setelah model simulasi awal sudah valid dengan menerapkan *warm-up* period.

6. Melakukan Eksperimen Simulasi Usulan

Selanjutnya menjalankan model simulasi usulan dengan menganalisis *output* yang dihasilkan pada model simulasi, kemudian dikaitkan dengan *influence diagram* untuk melihat variabel keputusan yang ingin digunakan sebagai alternatif tindakan untuk diterapkan pada model simulasi. Proses tersebut dilakukan berulang untuk setiap skenario yang ada, kemudian dievaluasi dan dianalisis hingga model dapat mencapai *output* yang diinginkan perusahaan sebanyak 43 unit *N-Series* per *shift* dan 11 unit *F-Series* per *shift*.

7. Mempresentasikan Hasil Simulasi Usulan

Menyampaikan hasil yang didapat dari model simulasi usulan dan memberikan keputusan dari hasil tersebut. Dalam hal ini melihat *output* yang dihasilkan oleh simulasi usulan, hingga mencapai 43 unit *N-Series* per *shift* dan 11 unit *F-Series* per *shift*.

2. Pembuatan Model Simulasi Awal dan Usulan

Terdapat berbagai macam data masukan untuk dianalisis lebih lanjut. Data-data tersebut dibedakan menjadi dua macam, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer yang digunakan dalam penelitian ini didapatkan dengan melakukan wawancara kepada pihak yang berkepentingan pada proses *paint shop* yaitu, data hasil produksi untuk *cabin N-Series* dan *F-Series* pada proses *paint shop* dalam satu *shift* Bulan September 2014, dan kondisi pabrik yang sedang berlangsung. Data sekunder meliputi data umum perusahaan, data waktu proses pengerjaan *cabin N-Series* dan *F-Series* pada Bulan September 2014, *layout* pabrik *paint shop*, serta jenis dan jumlah mesin yang digunakan.

Setelah data yang dibutuhkan untuk mendukung penelitian terkumpul, maka dibuatlah model simulasi. Model simulasi yang digunakan untuk penerapan kasus perusahaan adalah simulasi *nonterminating*, dimana penganalisaan dilakukan pada suatu sistem yang berada pada kondisi *steady state*. *Nonterminating simulation* tidak berarti bahwa simulasi dijalankan tidak pernah berakhir, namun berarti bahwa simulasi dapat terus berlanjut tanpa batas dengan tidak ada perubahan statistik dalam perilaku sistem. Langkah awal untuk membangun model pada *software* simulasi yaitu membuat *layout* untuk penempatan lokasi, membuat entitas, penentuan *arrival*, proses operasi dan sebagainya sampai dengan simulasi berjalan. Model simulasi dijalankan beberapa kali untuk dievaluasi dan dianalisis hingga mencapai hasil *output* sesuai dengan yang perusahaan dapatkan.

2.1 Simulasi Awal

Setelah model simulasi selesai dibuat, maka berikutnya merupakan tahap menjalankan model dengan menggunakan periode *warm-up*. Model dijalankan selama 22 jam dengan *interval length* selama 1 jam, sehingga menghasilkan *output* data sebanyak 22 periode. Replikasi dilakukan 1 kali karena data bersifat deterministik.

Perhitungan periode *warm-up* menggunakan metode *welch moving average*, dengan nilai m (periode *output*) = 22 periode yang disesuaikan dengan periode hari kerja pada departemen *paint shop*. Sedangkan, nilai w (*moving average window*) = 6, karena menurut Law (1991) bahwa nilai w tidak lebih dari $m/4$. Nilai w ini ditingkatkan sebesar 20% dengan tujuan meningkatkan "kehalusan" dari hasil *plot* pada perhitungan *moving average*. Hasil dari perhitungan ini didapatkan 12 periode *warm-up* untuk mencapai kestabilan model. Kemudian, model simulasi dijalankan beberapa kali untuk dievaluasi dan dianalisis hingga mencapai hasil *output* yang sesuai dengan perusahaan didapatkan. Tabel 1 menunjukkan hasil *output* (dapat dilihat dari kolom *total exit*) dari menjalankan simulasi awal adalah sebagai berikut:

Tabel 1. *Output* Simulasi Awal

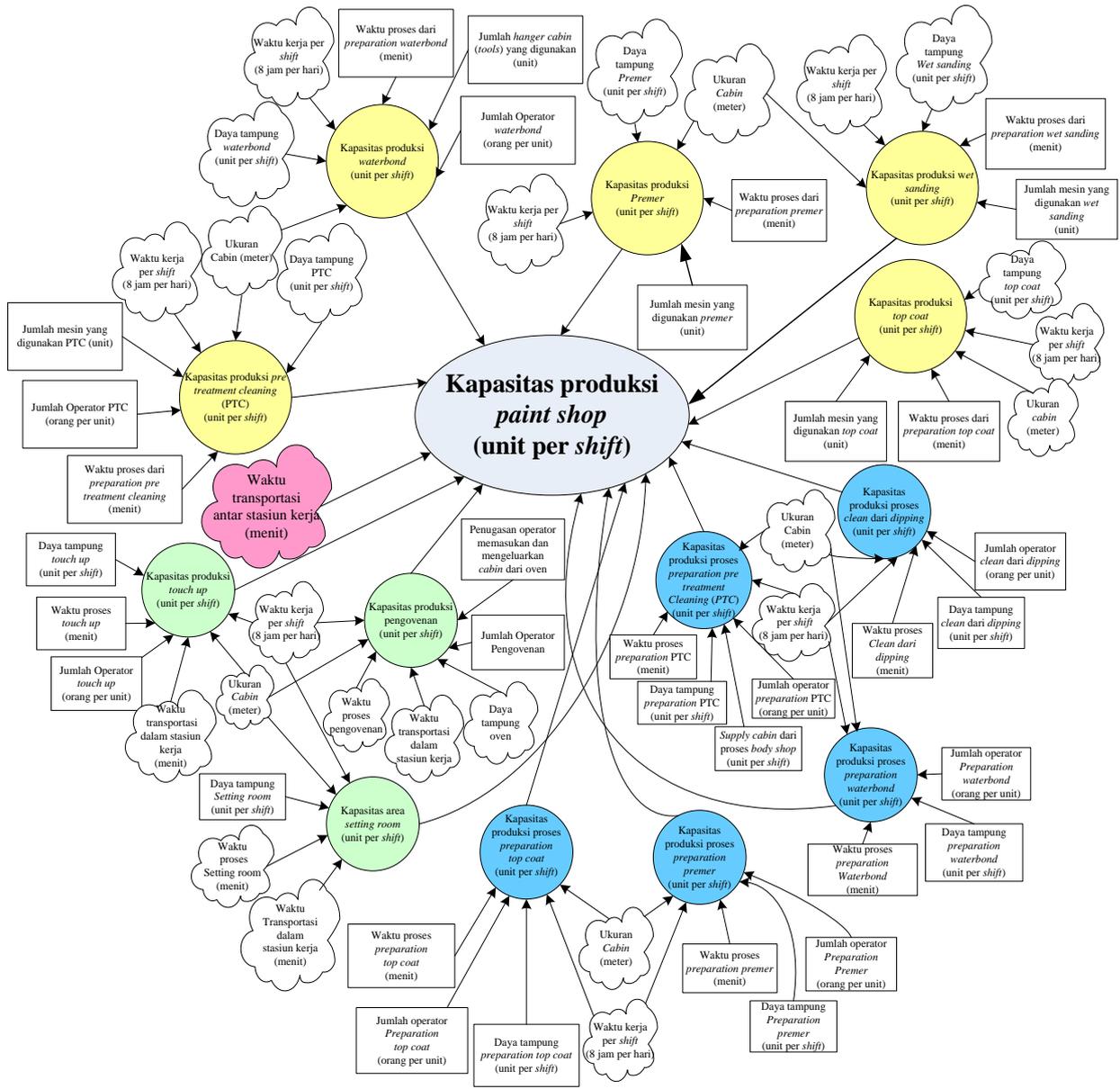
Name	Total Exits	Current Qty In System	Avg Time In System (MIN)	Avg Time In Move Logic (MIN)	Avg Time Waiting (MIN)
Cabin NS atas	40,00	30,00	572,70	18,21	157,64
Cabin FS atas	9,00	7,00	605,12	21,50	124,38

Simulasi awal menghasilkan *output* sebesar 40 unit *N-Series* per *shift* dan 9 unit *F-Series* per *shift*. *Output* simulasi sudah sesuai dengan kapasitas produksi aktual perusahaan, sehingga dapat dikatakan model simulasi yang dibuat valid.

2.2 Influence Diagram

Influence diagram menggambarkan suatu pendekatan sistem yang menunjukkan ketergantungan satu variabel dengan variabel lainnya, sehingga mengetahui faktor-faktor yang dapat mempengaruhi performansi *paint shop*, untuk menghasilkan kapasitas produksi yang perusahaan inginkan. Pembuatan *influence diagram* ini berdasarkan seluruh proses yang terjadi pada departemen *paint shop*. Terdapat 4 simbol utama yang digunakan pada *influence diagram* ini. Lingkaran merupakan variabel sistem yang menghubungkan input dengan *output*. Awan menggambarkan *input* data dari lingkungan sistem yang tidak ingin dikontrol. Sedangkan persegi panjang menunjukkan variabel keputusan, dimana simbol ini merupakan aspek permasalahan yang ingin dikendalikan. Terakhir terdapat simbol oval yang menggambarkan *output* sistem atau ukuran kinerja sistem. Pemberian warna pada *influence diagram* menunjukkan bagian-bagian proses pada *paint shop*. Warna kuning menunjukkan proses inti *paint shop*, warna biru menunjukkan proses *preparation*, dan warna hijau menunjukkan proses pengovenan, *touch up*, serta *area setting room*. Gambar 3 menunjukkan *influence diagram* untuk mencapai kapasitas produksi yang diinginkan perusahaan pada departemen *paint shop*:

PENINGKATAN KAPASITAS DENGAN MENINGKATKAN KINERJA LINI (Kirana H., dkk.)



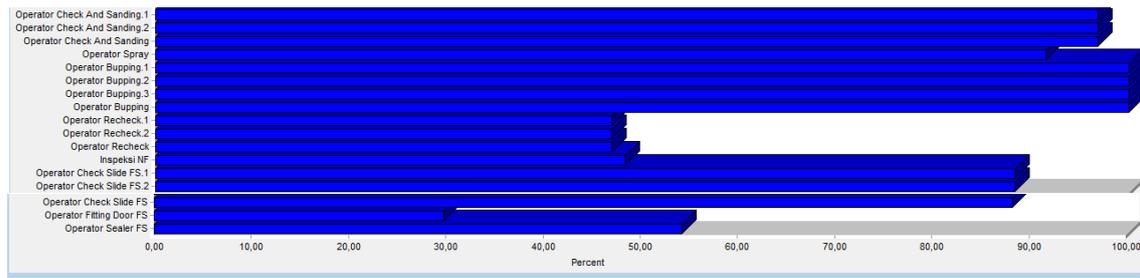
Gambar 3. Influence Diagram Departemen Paint Shop

Influence diagram di atas menunjukkan apabila variabel *output* (oval) ingin dicapai, tidak hanya dengan *control input* (persegi panjang) saja, namun *uncontrollable input* (awan) pun ikut berperan. Satu stasiun kerja memiliki keterkaitan dengan yang lain, misalnya untuk menjamin kapasitas produksi *pre treatment cleaning* (PTC) terdapat faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kapasitas produksi PTC, diantaranya jumlah operator yang mengerjakan proses PTC, jumlah mesin dan *tools* yang digunakan, waktu penyelesaian *cabin* sebelum proses PTC yaitu *preparation* PTC, daya tampung pada stasiun kerja PTC, ukuran *cabin* untuk model *N-Series* dan *F-Series*, sampai dengan waktu kerja per *shift*. Kompleksitas sistem dapat dilihat dari saling ketergantungannya antar variabel satu dengan variabel lainnya. Semua faktor-faktor tersebut sangat penting dalam pencapaian kapasitas produksi PTC, yang akan dijadikan *input* untuk mencapai target perusahaan sebesar 43 unit *N-Series* per *shift* dan 11 unit *F-Series* per *shift*.

2.3 Analisis Hasil Output Simulasi Awal

Simulasi awal menunjukkan *output* sebesar 40 unit *N-Series* per *shift* dan 9 unit *F-Series* per *shift* (dapat dilihat pada tabel 1 kolom total *exit*). Perusahaan menginginkan kapasitas produksi sebesar

43 unit *N-Series* per *shift* dan 11 unit *F-Series* per *shift*. Oleh karena itu, dengan menganalisis *output* pada simulasi awal, terdapat operator yang bekerja sangat sibuk pada beberapa stasiun kerja. Gambar 4 menunjukkan grafik tingkat kesibukan operator dari hasil simulasi awal:



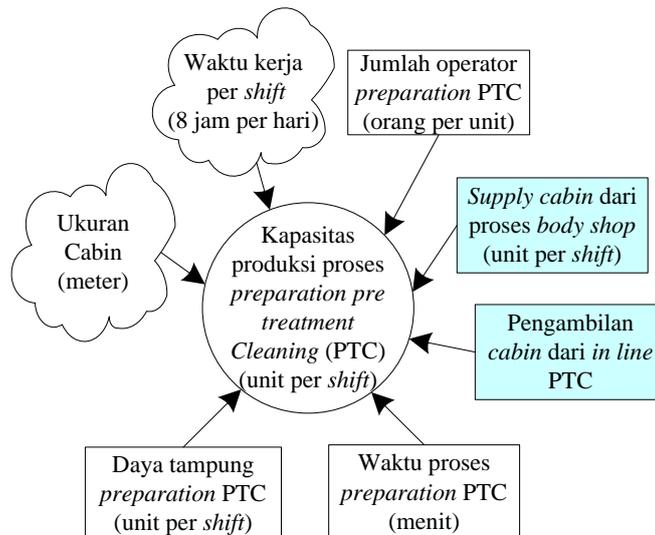
Gambar 4. Tingkat Kesibukan Operator pada Simulasi Awal

Dari grafik diatas, operator *bupping* memiliki tingkat kesibukan sebesar 100%, *check and sanding* 96,81 %, dan *spray* 91,54%. Proses tersebut merupakan proses *touch up* pada *paint shop*.

2.4 Simulasi Usulan

2.4.1 Usulan Penerapan Jadwal Pengerjaan Cabin

Proses *paint shop* merupakan proses perakitan *truck* tahap ke- 2 setelah proses perakitan *body shop*. Pada *paint shop* ini dilakukan *painting cabin* model *N-Series* dan *F-Series*, dimana untuk mengerjakan *painting* ini membutuhkan *output cabin* yang telah diproses di *body shop*. Proses pengerjaan *cabin* pada satu jalur yang sama, dengan waktu proses masing-masing model *cabin* yang berbeda. Oleh karena itu, dibutuhkan jadwal untuk pengambilan *cabin* yang akan diproses pertama kali pada departemen *paint shop* (yaitu pada stasiun kerja *preparation PTC*), karena dengan tidak adanya jadwal yang pasti, maka akan berpotensi mengakibatkan stasiun kerja mengalami *blocking*, sehingga tidak mencapai target yang perusahaan inginkan. Gambar 5 menunjukkan *influence diagram* yang menggambarkan bahwa pada proses *preparation PTC*, diperlukan pengaturan urutan pengerjaan *cabin*, yang dapat dilihat pada simbol persegi panjang.



Gambar 5. Influence Diagram Proses Preparation PTC

Perusahaan mengatur pengambilan *cabin* untuk diproses pada stasiun PTC pertama kali secara fleksibel, maksudnya tidak terdapat pengaturan jadwal pengambilan *cabin* pada *in line body shop* (adalah antrian *cabin* dari hasil *body shop*) untuk diproses pertama kali pada stasiun kerja PTC. Usulan awal adalah penentuan perbandingan pengerjaan *cabin* sebesar 4 : 1, yaitu 4 pengerjaan

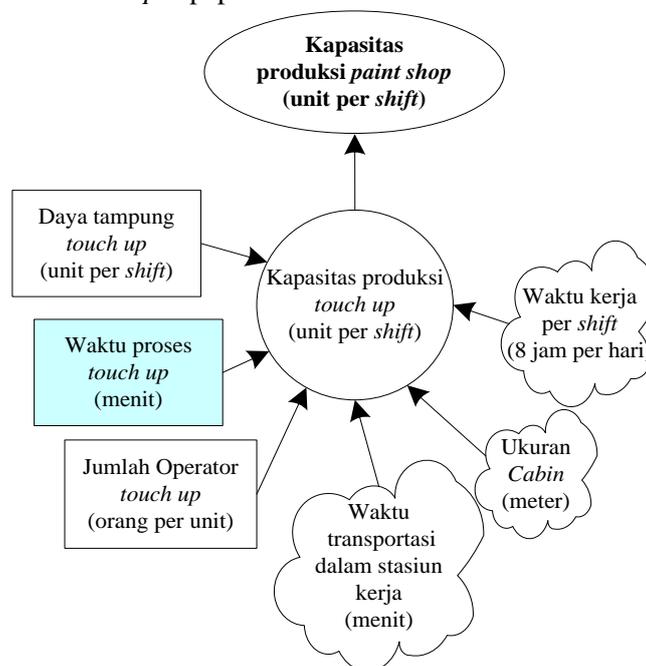
PENINGKATAN KAPASITAS DENGAN MENINGKATKAN KINERJA LINI (Kirana H., dkk.)

cabin N-Series dilakukan terlebih dahulu selanjutnya diikuti oleh 1 *F-Series* dengan menggunakan perintah *send* pada model simulasi. *Output* yang dihasilkan simulasi komputer sebesar 40 unit *N-Series* per *shift* dan 9 unit *F-Series* per *shift*. Namun, *output* yang diinginkan perusahaan adalah 43 unit *N-Series* per *shift* dan 11 unit *F-Series* per *shift*. Oleh karena itu, urutan pengerjaan *cabin* yang diutamakan yaitu model *F-Series*, agar kapasitas produksi yang diinginkan perusahaan tercapai. Usulan selanjutnya yaitu 1 pengerjaan *cabin F-Series* dilakukan terlebih dahulu selanjutnya diikuti oleh 4 *N-Series*, dan hasil *output* simulasi komputer masih sama yaitu 40 unit *N-Series* per *shift* dan 9 unit *F-Series* per *shift*.

Kebijakan pengaturan jadwal pada stasiun kerja *preparation premer* pun dibuat dengan mengutamakan pengerjaan *cabin F-Series* terlebih dahulu, dikarenakan pengerjaan *cabin* dari stasiun kerja sebelumnya yaitu *check slide*, *fitting door*, dan *sealer* menggunakan dua jalur yang terpisah antara model *cabin N-Series* dan *F-Series*. Waktu proses pengerjaan *F-Series* relatif lama dibandingkan *N-Series* pada stasiun kerja tersebut, dan kemudian akan masuk ke stasiun kerja *preparation premer* dengan satu jalur kembali, hal tersebut dapat mengakibatkan proses *N-Series* mendahului pengerjaan *F-Series*. Oleh karena itu, apabila *cabin F-Series* telah selesai dikerjakan, maka *F-Series* dikerjakan terlebih dahulu pada stasiun kerja *preparation premer*. *Output* yang dihasilkan pada simulasi komputer dengan menerapkan kebijakan ini sebesar 39 unit *N-Series* per *shift* dan 10 unit *F-Series* per *shift*. Hal tersebut sudah mencapai *output F-Series* yang lebih banyak, sehingga kebijakan ini dapat digunakan agar dapat mencapai *output* yang diinginkan perusahaan sebesar 43 unit *N-Series* per *shift* dan 11 unit *F-Series* per *shift*.

2.4.2 Analisis dan Usulan Model Simulasi

Tingkat kesibukan (utilisasi) operator *touch up* pada simulasi awal tinggi (dapat dilihat pada gambar 4), dimana utilisasi menunjukkan produktivitas dari semua faktor yang digunakan untuk menghasilkan *output*, sehingga tingkat kesibukan operator *touch up* yang tinggi ini berpotensi membuat target perusahaan tidak tercapai. Proses *touch up* merupakan proses akhir *paint shop*, dimana dilakukan *general check* proses *painting* untuk penanggulangan *defect* pada *cabin* yang dihasilkan dari seluruh proses *paint shop* sebelumnya. Proses *touch up* ini lama dikarenakan *cabin* yang dihasilkan banyak mengandung *defect*. Alternatif tindakan yang akan dilakukan sesuai dengan variabel keputusan yang telah dibuat pada *influence* diagram sebelumnya, dengan melihat variabel sistem kapasitas produksi *touch up* dipaparkan dalam Gambar 6.



Gambar 6. Influence Diagram Proses Touch up

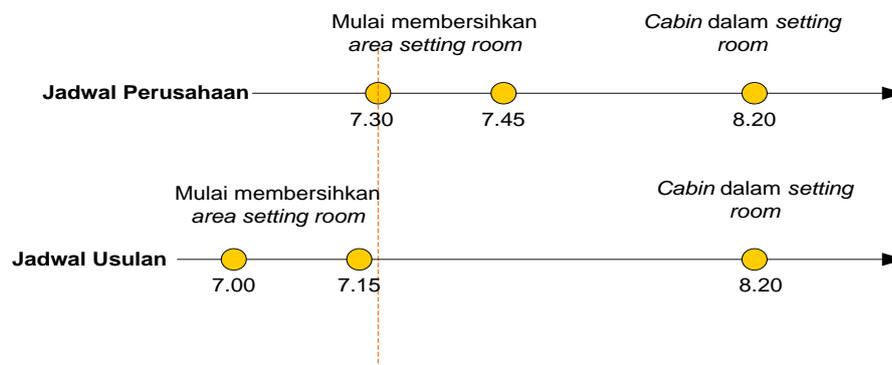
Variabel keputusan untuk menghasilkan kapasitas produksi *touch up*, (baik dari segi kuantitas dan kualitas cabin yang dihasilkan) diantaranya menambah daya tampung *touch up* dengan menambahkan jumlah operator untuk mengerjakan proses ini. Namun, hal tersebut perlu mengeluarkan *cost*. Cara lain untuk menghasilkan kapasitas produksi *touch up*, yaitu dengan menekan waktu proses, karena pada kondisi di lapangan saat ini masih memungkinkan untuk menekan waktu di proses tersebut.

Berdasarkan hasil observasi dan wawancara dengan pihak perusahaan, pada bulan September 2014 terdapat *defect* pada *cabin*, meliputi *popping*, kotor atau *flex*, dan *yellow metal*. *Defect* kotor atau *flex* dihasilkan dari ketidaksesuaian *area setting room*, sedangkan *defect popping* dan *yellow metal* akibat ketidaksesuaian proses pengovenan, baik itu dari segi waktu proses pengovenan ataupun temperatur yang digunakan. Pengendalian *defect* ini perlu dilakukan, agar waktu proses di *touch up* dapat berkurang.

Pengendalian untuk *defect* kotor yaitu dengan memperhatikan *area setting room*. Area ini merupakan tempat penyimpanan *cabin* yang didalamnya tidak ada proses pengerjaan *cabin* yang dikerjakan oleh operator. *Cabin* hanya disimpan pada ruangan ini, dan akan terjadi proses *flash off* yaitu proses penguapan *thinner*. Oleh karena itu *area setting room* harus terbebas dari debu agar *cabin* yang dihasilkan tidak mengandung *defect*. Kebersihan *area setting room* harus dijaga, dinding dan lantai *setting room* harus bersih agar tidak menimbulkan debu. Untuk membuat *area setting room* bersih, maka tindakan yang harus dilakukan adalah dengan membersihkan lantai dan dinding setiap hari sebelum kegiatan pabrik berlangsung. Awalnya pada area ini jarang dibersihkan, sehingga menyebabkan banyak debu disekitarnya, yang menjadi penyebab terjadinya *defect* kotor pada *cabin*. Berikut adalah tindakan yang dilakukan untuk menjaga *area setting room* terhindar dari debu:

- Jadwal Membersihkan *Area Setting Room*

Perusahaan tidak membuat jadwal khusus untuk membersihkan *area setting room*. Operator membersihkan ruangan ini setelah kegiatan operasi berjalan, dan pembersihan lantai hanya menggunakan sapu. Dinding *setting room* lebih jarang dibersihkan dibanding lantai, padahal dinding yang kotor pun dapat berpotensi menyebabkan *defect* pada *cabin*. Usulan jadwal untuk membersihkan *area* ini sangat dibutuhkan. Gambar 7 menunjukkan jadwal memulai membersihkan *area setting room*:



Gambar 7. Jadwal Memulai Kegiatan Pembersihan *Setting Room*

Pembersihan *area setting room* dilakukan pada saat waktu set up berlangsung, sehingga kebersihan area lebih terkontrol. Selain itu, membersihkan *area setting room* tidak dengan sembarangan, terdapat hal-hal yang harus dilakukan dalam membersihkannya. Berikut adalah cara membersihkan dinding dan lantai pada *setting room*:

1. Semprotkan air pada lantai *setting room*.

Cara ini lebih efektif dibandingkan hanya dengan menyapu lantai. Menyapu lantai mengakibatkan debu dapat berterbangan kemana saja. Namun dengan mensemprotkan air ke lantai, maka akan terbebas dari debu yang berterbangan.

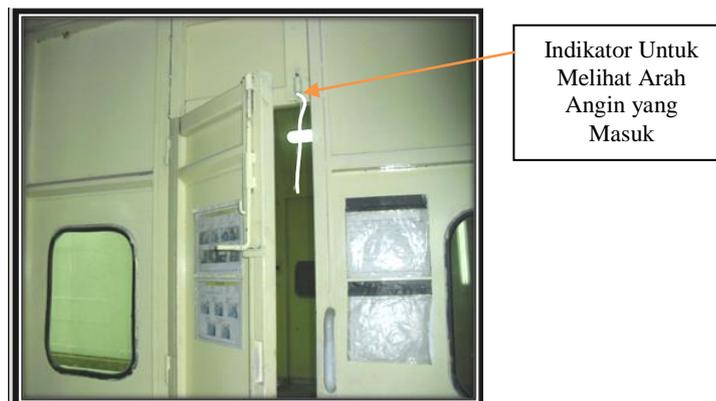
PENINGKATAN KAPASITAS DENGAN MENINGKATKAN KINERJA LINI (Kirana H., dkk.)

2. Pel lantai *setting room* dengan alat pel air.
3. Vakum lantai *setting room*.
4. Bersihkan dinding *setting room* dengan lap *wash basin*.
Lap *wash basin* mengandung zat kimia yang dapat mengangkat kotoran dengan mudah, sehingga *wash basin* digunakan untuk membersihkan dinding dari debu yang menempel.
5. Nyalakan *blower settingroom*.
Menyalakan *blower* sangat penting, karena dengan alat ini dapat menjaga keadaan ruangan. Kegunaan *blower* yaitu menghembuskan angin ke seluruh ruangan, sekaligus menyerap udara panas dengan menggantikan udara segar dari luar ruangan ke dalam ruangan yang telah melewati *filter blower*, sehingga membuat sirkulasi udara alami, segar, dan sehat.

- Kesesuaian Tekanan Udara *Setting Room*

Tekanan udara pada *area setting room* tidak boleh negatif (-), karena berpotensi menimbulkan *defect* pada *cabin* yang dihasilkan. *Area setting room* dilengkapi dengan *exhaust fan* dimana alat ini memiliki penyaring udara luar agar menghilangkan debu ketika udara masuk *setting room*. Penyaring *exhaust* ini harus selalu dibersihkan setiap satu jam sekali, karena bila penyaring kotor akan menyebabkan tekanan udara pada *setting room* negatif (-).

Pintu *setting room* sebaiknya selalu tertutup, namun keluar masuk *cabin* yang telah di *spray* melewati pintu *setting room*. Untuk melihat arah angin yang masuk antara *spray booth* dengan *setting room*, maka dibuat indikator berupa tali. Idealnya, udara yang masuk *setting room* tidak boleh terlalu banyak karena berpotensi membawa debu yang dapat mengakibatkan *defect* pada *cabin*. Sehingga arah indikator ini harus mengarah keluar pintu *setting room* agar menjaga tekanan udara dalam *setting room* stabil. Apabila arah angin lebih banyak masuk ke *setting room*, maka *exhaust fan* harus diatur kembali, dimana alat ini dilengkapi dengan pengaturan kecepatan angin sesuai dengan kebutuhan pabrik. Gambar 8 merupakan Indikator yang ada pada pintu *setting room*:



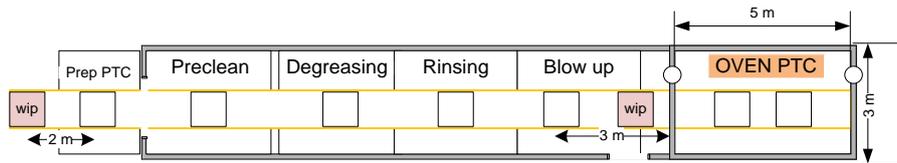
Gambar 8. Indikator Melihat Arah Angin

Pengendalian untuk *defect popping* dan *yellow metal*, yaitu dengan melihat kesesuaian proses pengovenan. Pengovenan sebagai alat pengeringan *cabin* dari proses sebelumnya merupakan proses yang sangat penting, karena kesesuaian pengovenan dapat menentukan kualitas *cabin* yang dihasilkan. Berikut adalah usulan untuk mengurangi defect yang ditimbulkan dari proses pengovenan:

- Alat bantu proses pengovenan

Jarak antara pengovenan dengan stasiun kerja sebelumnya cukup jauh, misalnya pada stasiun kerja PTC, ukuran oven PTC adalah (5 x 3) m, jarak antara proses sebelum oven yaitu *blow up* 3 meter, dan bila operator yang bertugas mengeluarkan *cabin* dari oven, operator tersebut harus keluar dari pintu samping dan menuju pintu keluar oven dengan menempuh jarak 6 meter.

Gambar 9 menunjukkan jarak Oven PTC dengan proses sebelumnya.



Gambar 9. Jarak Oven dengan Proses Sebelumnya

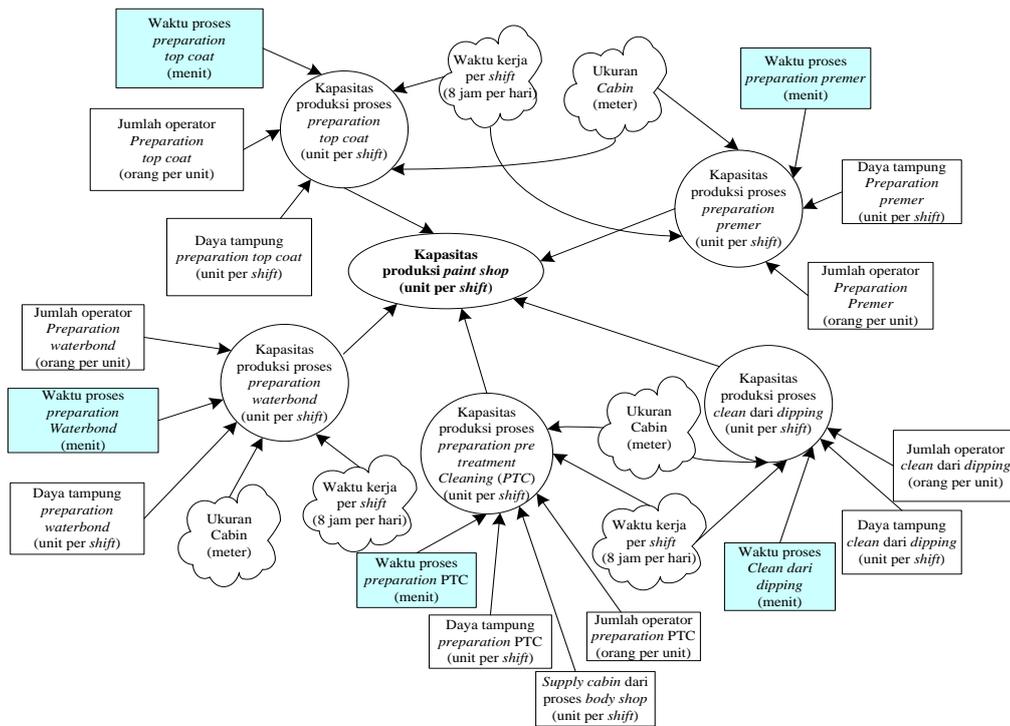
Operator membutuhkan waktu untuk membuka dan mengeluarkan *cabin* dari oven. Namun waktu pengovenan harus tepat, tidak boleh lebih lama ataupun kurang dari waktu standar yang telah ditetapkan. Bila hal itu terjadi, maka akan menimbulkan *defect* pada *cabin* yang dihasilkan. Saat ini, alat bantu untuk mengetahui proses pengovenan selesai hanya dengan jam dinding dan daftar *cabin* yang telah masuk dan keluar oven. Operator yang bertugas mengeluarkan *cabin* dari oven harus berkonsentrasi tinggi terhadap jadwal *cabin* yang harus dikeluarkan dari oven. Hal tersebut berpotensi menimbulkan *human error* pada operator yang mengakibatkan *cabin* mengalami *defect*. Untuk itu, usulan untuk membuat alat bantu dalam menentukan proses pengovenan selesai menjadi sangat penting. Alat bantu yang diusulkan berupa indikator lampu sebagai tanda proses pengovenan selesai. Terdapat 2 buah lampu yang masing-masing akan dipasang di daerah pintu buka dan tutup oven. Lampu akan berwarna merah apabila *cabin* sedang diproses, kemudian lampu akan berkedip 1 menit sebelum proses pengovenan selesai, dan lampu berubah menjadi hijau apabila *cabin* telah selesai dioven. Lampu indikator akan mati ketika operator membuka pintu oven. Pembuatan sensor lampu ini bertujuan untuk membantu operator dalam menentukan kapan operator harus bergegas menuju pintu keluar oven dan memasukan *cabin* selanjutnya agar proses pengovenan *cabin* tepat waktu, sehingga dapat memastikan kualitas *cabin* baik.

- Frekuensi pengaturan suhu ruang oven

Suhu pada ruang oven harus sesuai standar yang telah ditetapkan. Namun pengaturan temperatur masih bersifat manual. Suhu dalam ruang oven ini bisa tiba-tiba berubah menjadi lebih rendah, oleh karena itu operator harus selalu mengecek temperatur ketika akan memasukan *cabin* ke oven. Pengontrolan alat pengatur suhu oven setiap setengah jam sekali oleh operator yang bertugas memasukan dan mengeluarkan *cabin* pada oven. Hal ini dilakukan untuk menjaga suhu oven tetap sesuai standar yang telah ditentukan, sehingga dapat memastikan kualitas *cabin* yang dihasilkan terhindar dari *defect*.

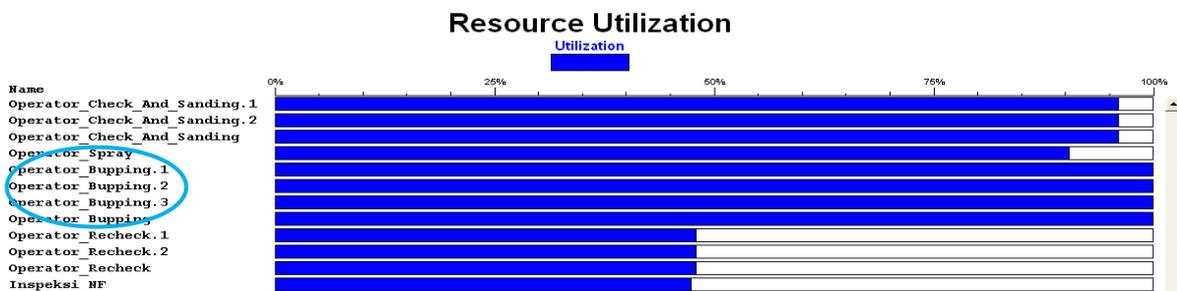
Setelah *defect* dikendalikan, maka penekanan waktu proses *touch up* pada simulasi usulan pun dapat dilakukan. Namun, proses *preparation* pun sangat erat kaitannya dengan penanggulangan *defect*. Oleh karena itu, dengan melihat variabel keputusan dalam *influence diagram* pada Gambar 10, maka tindakan yang dilakukan adalah:

PENINGKATAN KAPASITAS DENGAN MENINGKATKAN KINERJA LINI (Kirana H., dkk.)



Gambar 10. Influence Diagram Kapasitas Produksi Preparation

Penambahan waktu proses *preparation* dari data aktual perusahaan dilakukan pada simulasi usulan, dengan tujuan memberikan kelonggaran operator dalam bekerja, sehingga proses *preparation* dapat dilakukan dengan teliti dan tidak terburu-buru, dengan harapan *defect* dari setiap masing-masing proses menurun, sehingga berpengaruh terhadap penurunan waktu *touch up* diakhir proses *paint shop*. Waktu proses *preparation* ditambah 1 menit dari data awal proses *N-Series*, dengan tidak melakukan perubahan waktu proses di stasiun kerja lainnya. Proses *preparation* meliputi, *preparation water bond*, *clean*, *preparation premer*, *wet and sanding (W/S)* dan *repair W/S*, dan *preparation top coat*. Hasil *output* simulasi dari penambahan waktu *preparation* ini sebesar 40 unit *N-Series* per *shift*, dan 9 unit *F-Series* per *shift*, sehingga tidak ada perubahan yang signifikan dari *output* aktual perusahaan. Oleh karena itu, penambahan waktu *preparation* ini dapat dilakukan. Dengan tingkat kesibukan operator seperti pada Gambar 11.



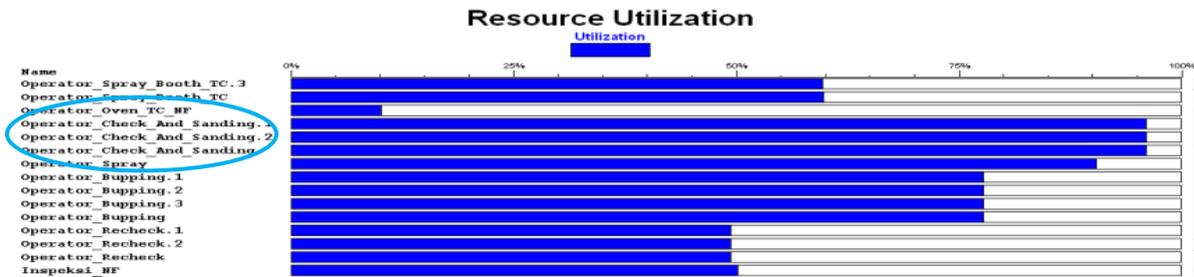
Gambar 11. Grafik Tingkat Kesibukan Operator dari Penambahan Waktu Preparation

Penekanan waktu proses *bupping* akan dilakukan dengan melihat tingkat kesibukan operator (Gambar 11), dari 10,2 menit menjadi 7 menit, sesuai dengan waktu siklus untuk model *N-Series* yang telah perusahaan tetapkan. Penekanan hanya pada model *N-Series* dikarenakan waktu proses *bupping* model ini melebihi waktu siklus yang perusahaan tetapkan. Hasil *output* dari penekanan waktu *bupping* dilihat dari hasil simulasi adalah sebesar 41 unit *N-Series* per *shift*, dan 10 unit *F-Series* per *shift*. Dapat dilihat dari tabel 2 dibawah ini pada kolom *total exits* yang dihasilkan.

Tabel 2. *Output* Simulasi dari Penekanan *Bupping*

Name	Total Exits	Current Qty In System	Avg Time In System (MIN)	Avg Time In Move Logic (MIN)	Avg Time Waiting (MIN)
Cabin NS atas	41,00	34,00	577,93	18,03	177,81
Cabin FS atas	10,00	11,00	703,07	21,62	225,58

Output yang dihasilkan masih belum mencapai target perusahaan sebesar 43 unit *N-Series* per *shift*, dan 11 unit *F-Series* per *shift*. Analisis tingkat kesibukan operator yang baru ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12. Grafik Tingkat Kesibukan Operator dari Penekanan Waktu *Bupping*

Dengan melihat grafik pada Gambar 12, tingkat kesibukan operator pada proses *check and sanding* tinggi, maka selanjutnya dilakukan kembali penekanan waktu pada proses *check and sanding* dari 9,8 menit menjadi 7 menit.

Tabel 3. *Output* Simulasi dari Penekanan *Check and Sanding*

Name	Total Exits	Current Qty In System	Avg Time In System (MIN)	Avg Time In Move Logic (MIN)
Cabin NS atas	41,00	35,00	565,10	17,94
Cabin FS atas	10,00	14,00	743,90	21,46

Output yang dihasilkan dari penekanan proses *check and sanding* (dapat dilihat pada kolom total *exits*) adalah 41 unit *N-Series* per *shift*, dan 10 unit *F-Series* per *shift*. Hasil *output* masih belum mencapai target perusahaan, dengan tingkat kesibukan operator menjadi seperti pada Gambar 13.



Gambar 13. Grafik Tingkat Kesibukan Operator dari Penekanan Waktu *Check and Sanding*

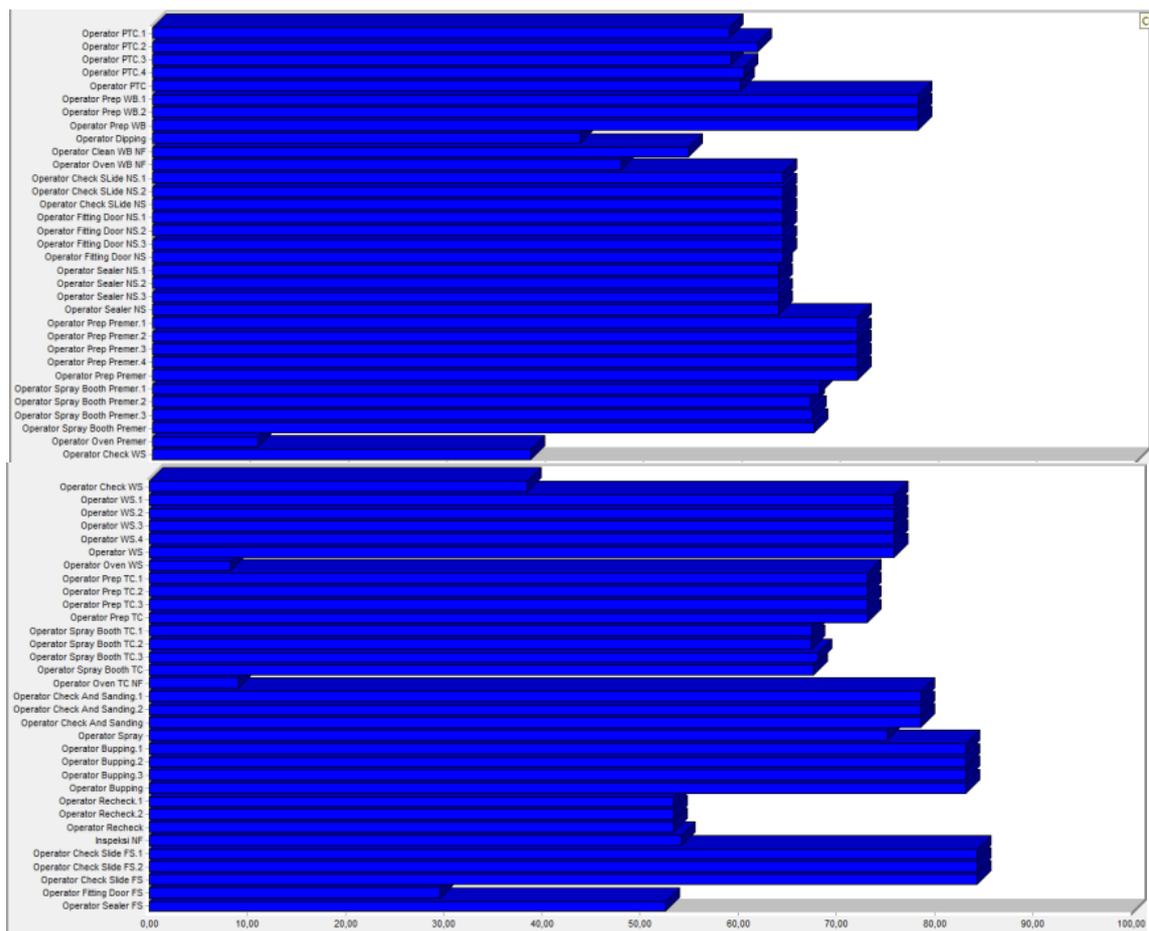
Tingkat kesibukan operator, proses *spray* memiliki utilitas yang tinggi. Oleh karena itu dilakukan kembali penekanan waktu proses pada *spray* menjadi 7 menit. Hasil dari penekanan waktu proses *spray* ditunjukkan pada Tabel 4.

PENINGKATAN KAPASITAS DENGAN MENINGKATKAN KINERJA LINI (Kirana H., dkk.)

Tabel 4. *Output* Simulasi dari Penekanan *Spray*

Name	Total Exits	Current Qty In System	Avg Time In System (MIN)	Avg Time In Move Logic (MIN)	Avg Time Waiting (MIN)	Avg Time In Operation (MIN)	Avg Time Blocked (MIN)
Cabin NS alas	43,00	27,00	538,82	17,93	190,60	257,08	73,20
Cabin FS alas	11,00	10,00	679,83	18,84	247,06	343,81	70,12

Dengan melihat *output* yang dihasilkan dari simulasi komputer (dapat dilihat pada kolom total *exits* tabel 4), peningkatan kapasitas produksi *paint shop* sudah tercapai. Hasil *output* perusahaan awalnya hanya 40 unit *N-Series* per *shift*, dan 9 unit *F-Series* per *shift*, sekarang menjadi 43 unit *N-Series* per *shift*, dan 11 unit *F-Series* per *shift*. Hal tersebut sudah sesuai dengan target yang diinginkan perusahaan, dengan tingkat kesibukan operator tidak ada yang melebihi 90%, sehingga sudah dalam batas normal operator bekerja. Grafik pada Gambar 14 merupakan tingkat kesibukan operator pada masing-masing proses.



Gambar 14. Grafik Tingkat Kesibukan Operator *Paint Shop*

3 Kesimpulan dan Saran

3.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data dan analisis, dapat disimpulkan bahwa:

1. Usulan Urutan Jadwal Pengerjaan Cabin

Urutan jadwal pengerjaan *cabin* pada stasiun kerja pertama departemen *paint shop* harus diatur untuk menghindari *blocking*. Urutan jadwal pengerjaan *cabin* mengutamakan pada model *F-Series*, dengan perbandingan 1 : 4, yaitu 1 pengerjaan *cabin F-Series* dilakukan terlebih dahulu, selanjutnya diikuti oleh 4 *N-Series*. Selain itu, kebijakan pengaturan jadwal pada stasiun kerja

preparation premer pun dibuat dengan mengutamakan pengerjaan *cabin F-Series* terlebih dahulu, dikarenakan pengerjaan *cabin* dari stasiun kerja sebelumnya yaitu *check slide, fitting door*, dan *sealer* menggunakan dua jalur yang terpisah antara model *cabin N-Series* dan *F-Series* yang selanjutnya masuk pada stasiun kerja *preparation premer* di satu jalur yang sama, hal ini dapat mengakibatkan proses *N-Series* mendahului pengerjaan *F-Series*.

2. Usulan Pencapaian *Output* yang Diinginkan Perusahaan

Alternatif tindakan yang dilakukan untuk pencapaian *output* perusahaan sebesar 43 unit *N-Series* per *shift* dan 11 unit *F-Series* per *shift* adalah dengan menekan waktu *touch up*. Namun, sebelum melakukan penekanan waktu *touch up*, terlebih dahulu melakukan pengendalian *defect* yang terjadi pada *cabin*, karena proses *touch up* ini merupakan proses akhir pada *painting* untuk menanggulangi *defect* yang dihasilkan dari seluruh proses *paint shop* sebelumnya. Pengendalian *defect* antara lain dengan memperhatikan kesesuaian *area setting room* serta ketepatan waktu dan temperatur yang digunakan pada proses pengovenan. Selain itu, penambahan waktu proses *preparation* selama 1 menit dari data aktual perusahaan dilakukan, dengan tujuan agar proses *preparation* dapat dilakukan dengan teliti dan tidak terburu-buru, dengan harapan *defect* dari setiap masing-masing stasiun kerja menurun, sehingga mempengaruhi penurunan waktu *touch up* diakhir proses *paint shop*.

Penekanan waktu proses *touch up* dilakukan menggunakan simulasi komputer dengan mengatur jadwal urutan pengerjaan *cabin*, kemudian melihat peningkatan *output* serta menganalisis tingkat kesibukan operator. Proses *bupping* pertama kali ditekan dari 10,2 menit menjadi 7 menit karena tingkat kesibukan operator yang mencapai 100%. Kemudian waktu proses *check and sanding* dari 9,8 menit menjadi 7 menit, dan terakhir adalah *spray* dari 9,5 menit menjadi 7 menit. Penekanan waktu proses disesuaikan dengan waktu siklus pengerjaan *N-Series* yang telah ditetapkan perusahaan. Setelah memperbaiki performansi setiap stasiun kerja, dan melakukan tindakan berdasarkan pemilihan variabel keputusan yang diterapkan pada pembuatan simulasi usulan, maka *output* yang dihasilkan mencapai 43 unit *N-Series* per *shift*, dan 11 unit *F-Series* per *shift*, yang awalnya hanya 40 unit *N-Series* per *shift*, dan 9 unit *F-Series* per *shift*. Hal tersebut telah sesuai dengan target yang perusahaan inginkan.

3.2 Saran

1. Saran untuk Perusahaan

Saran yang diberikan adalah pembuatan jadwal pengambilan *cabin* yang akan diproses pada stasiun kerja pertama, yaitu PTC dengan perbandingan 1 *F-Series* dikerjakan terlebih dahulu kemudian 4 *N-Series*. Apabila usulan ini diterapkan, maka perlu diperhatikan untuk departemen sebelum *paint shop* agar selalu tepat waktu dalam menyelesaikan pengerjaan *cabin*, karena akan berpengaruh terhadap proses *painting*. Selain itu penekanan waktu proses produksi harus memperhatikan sumber kendala yang menjadi penyebab tingginya waktu proses tersebut.

2. Saran untuk Penelitian Selanjutnya

- Memberikan *improvement* proses *preparation paint shop* agar meminimasi terjadinya *defect* yang dihasilkan dari masing-masing stasiun kerja.
- Kembangkan model probabilistik untuk mengakomodasi perilaku sistem yang ada pada permasalahan peningkatan kinerja lini produksi *paint shop*, sehingga data yang diambil distribusi statistiknya dapat lebih mewakili kondisi yang riil.

4 Daftar Pustaka

Daellenbach, H. G. (1991), *System and Decision Making a Management Science Approach*. Chichester : John & sons Ltd.

Harrell, C., Ghosh, B.K., Bowden, R.O. (2003), *Simulation Using ProModel 2/e* The McGraw-Hill, International Edition.

Heshmat, M., El-Sharief, M. A., El-Sebaie, M. G. (2013), *Simulation Modeling of Production Lines: A Case Study of Cement Production Line*. Journal of Engineering Sciences, Assiut University.

Hafezalkotob, A. Ketabian, H., Rahimi, H. (2014), *Balancing the Production Line by the Simulation and Statistics Techniques: A Case Study*. Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology.

Khalafi, S., Raissi, S. (2014), *Industrial Valves Production Line Bottleneck Analysis: A Computer Based Simulation Approach*. International Journal of Scientific & Technology Research Volume 3.

Law. A. W., Kelton, W. D. (1991), *Simulation Modeling And Analysis Second Edition*, McGraw Hill, International Edition.

Papadopoulos, C. T., O'Kelly, M. E. J., Vidalis, M. J., Spinellis, D. (2009), *Analysis and Design of Discrete Part Production Lines*. Springer.

Saidabad, A. A., Taghizadeh, H. (2015), *Performance and Improvement of Production Line Function using Computer Simulation (Cast Study: An Iron Foundry)*. American Journal of Computational Mathematics.

Simatupang, T. M. (1995), *Pemodelan Sistem*. Klaten: Penerbit Nindita.

Wirabhuana, A., Haron, H., Imtihan, M. R. (2008), *Simulation and Re-engineering of Truck Assembly Line*. Second Asia International Conference on Modelling & Simulation.