

OPTIMASI PROSES PRODUKSI DENGAN MENGGUNAKAN PENDEKATAN SIMULASI SISTEM

Dyah Lintang Trenggonowati

Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Cilegon Indonesia

Email : dyahlintang@untirta.ac.id

ABSTRAK

Optimasi dan permodelan sistem pada PT Cigading Habeam Centre sangat dibutuhkan agar perusahaan dapat membuat dan menghasilkan produk yang optimal. Pada proses produksi komponen plat KNSS-AFE-L-SFP-18 yaitu stasiun kerja dengan proses *cutting* mengalami *bottleneck* dan menyebabkan proses selanjutnya yaitu *marking*, *drilling*, dan *grinding* mengalami *delay* atau mengganggu sehingga menyebabkan produktivitas menurun. Penelitian mengenai optimalisasi proses produksi komponen plat KNSS-AFE-L-SFP-18 di Divisi Komponen PT Cigading Habeam Centre dilakukan dengan menggunakan metode simulasi. Penggunaan metode simulasi dengan *software* ProModel dilakukan dengan tujuan, yaitu untuk membuat model simulasi sistem optimal yang dapat meningkatkan produktivitas. Hasil perbaikan untuk penyelesaian masalah pada proses produksi komponen plat KNSS-AFE-L-SFP-18 terdiri dari 3 yaitu Usulan Perbaikan 1 (penambahan 1 mesin *cutting plasma*, 1 operator *marking*, 1 *drilling*, dan 1 *grinding*) Usulan Perbaikan 2 (penambahan 2 mesin *cutting plasma*, 1 operator *marking*, dan 1 *grinding*) serta Usulan Perbaikan 3 (penambahan 1 mesin *cutting plasma*, 2 operator *marking*, 1 *drilling*, dan 1 *grinding*). Setelah Usulan Perbaikan diuji dengan menggunakan *software* SPSS yaitu perhitungan ANOVA dan LSD maka didapatkan Usulan perbaikan yang tepat untuk penyelesaian masalah pada proses produksi komponen plat KNSS-AFE-L-SFP-18 yaitu Usulan Perbaikan 3 dengan nilai rata-rata *output* optimal yang dihasilkan sebesar 9290,8 unit.

Kata Kunci : ANOVA; LSD; Produktivitas; Simulasi Sistem; Software ProModel

ABSTRACT

Optimization and modeling system on PT Cigading Habeam Centre is urgently needed so that companies can create and produce optimal products. On the production process plate components KNSS-AFE-L-SFP-18 work stations, namely with the process of cutting experience bottlenecks and caused the next process i.e. marking, drilling, and grinding experience a delay or the unemployed thereby causing decreased productivity. Research on the optimization of the production process plate components KNSS-AFE-L-SFP-18 PT Components Division Cigading Habeam Centre is carried out using the method of simulation. The use of simulation software with ProModel method done with purpose, that is to create the optimal system simulation models that can improve productivity. Fix for problem resolution outcomes in the production process plate components KNSS-AFE-L-SFP-18 consists of 3 i.e. the proposed Repair 1 (addition of 1 plasma cutting machine , 1 operator, 1 marking, 1 drilling, 1 grinding). The proposed Repair 2 (addition of plasma cutting machines, 2 1 operator marking, and 1 grinding) as well as the proposed improvements to the 3 (addition of a 1 2 plasma cutting machine operator marking, drilling, 1 and 1 grinding). After the proposed Improvements put to the test by using SPSS software, namely calculation of ANOVA and LSD then obtained the right improvement Proposal for solving problems in production process plate components KNSS-AFE-L-SFP-18 i.e. Proposed improvements to the 3 with the average value of optimal output generated amounted to 9290.8 units.

Keywords: ANOVA; LSD; Productivity; Simulation System; ProModel Software

PENDAHULUAN

Optimasi adalah sarana untuk mengekspresikan model yang bertujuan untuk memecahkan masalah dengan cara terbaik (Purba dalam Astonis, Handyga Putra Muspa, 2012). Model optimasi yang ada digunakan untuk menyelesaikan berbagai permasalahan dalam pemerintahan, bisnis, teknik ekonomi, ilmu-ilmu fisika dan sosial yang terkait dengan adanya keterbatasan pengalokasian sumber daya (S.Hillier & Lieberman dalam Astonis, Handyga Putra Muspa, 2012). Optimasi dan permodelan sistem pada PT Cigading Habeam Centre sangat dibutuhkan agar perusahaan dapat membuat dan menghasilkan produk yang optimal. PT Cigading Habeam Centre merupakan salah satu perusahaan manufaktur baja di kawasan *Krakatau Industrial Estate* Cilegon yang telah membuat dan menghasilkan produk baja berkualitas tinggi dan bahan untuk industri serta bangunan bertingkat tinggi, jembatan, *tank* dan konstruksi baja mekanik lainnya. Salah satu contoh optimasi yang dapat dilakukan, yaitu pengoptimalan produksi komponen-komponen pembentuk konstruksi baja tersebut pada divisi komponen agar dapat memenuhi permintaan konsumen. Komponen pembentuk konstruksi baja terbagi menjadi 2 bagian, yaitu komponen plat dan komponen profil.

Komponen plat memiliki alur produksi dengan proses terbanyak dan merupakan prioritas pertama yang akan dibuat ketika program pertama kali turun sehingga jika komponen tidak di produksi maka akan menghambat kinerja divisi lain seperti divisi fabrikasi. Pada penelitian kali ini, produk komponen plat yang akan diteliti merupakan komponen plat KNSS-AFE-L-SFP-18 yang dipesan oleh Krakatau Nippon Steel. Komponen plat KNSS-AFE-L-SFP-18 memiliki dimensi 436 x 110 mm dengan berat produk yaitu 4,177 kg. Komponen plat KNSS-AFE-L-SFP-18 memiliki alur proses produksi yang terdiri dari *cutting*, *marking*, *drilling* dan *grinding*. Namun pada stasiun kerja dengan proses *cutting* mengalami *bottleneck* sehingga produktivitasnya berkurang.

Berdasarkan penjelasan diatas, maka dapat dirumuskan beberapa masalah yang akan diselesaikan dalam penelitian ini, yaitu antara lain: (1) Masalah apa yang terdapat pada sistem eksisting proses produksi komponen plat KNSS-AFE-L-SFP-18 untuk dibuat model simulasi. (2) Apa usulan perbaikan yang dapat dilakukan untuk penyelesaian masalah pada sistem eksisting proses produksi komponen plat KNSS-AFE-L-SFP-18 dengan metode simulasi. (3) Apa usulan perbaikan yang dipilih untuk penyelesaian masalah pada sistem eksisting proses produksi komponen plat KNSS-AFE-L-SFP-18. (4) Berapa output optimal yang dihasilkan usulan perbaikan terpilih untuk penyelesaian masalah pada sistem eksisting proses produksi komponen plat KNSS-AFE-L-SFP-18.

Dari perumusan maka dapat dijabarkan tujuan penelitian yaitu sebagai berikut: (1) Mengetahui masalah yang terdapat pada sistem eksisting proses produksi komponen plat KNSS-AFE-L-SFP-18 untuk dibuat model simulasi nya. (2) Mengetahui usulan perbaikan untuk penyelesaian masalah pada sistem eksisting proses produksi komponen plat KNSS-AFE-L-SFP-18 dengan metode simulasi. (3) Menentukan usulan perbaikan yang tepat untuk penyelesaian masalah pada sistem eksisting proses produksi komponen plat KNSS-AFE-L-SFP-18. (4) Mengetahui output optimal yang dihasilkan usulan perbaikan terpilih untuk penyelesaian masalah pada sistem eksisting proses produksi komponen plat KNSS-AFE-L-SFP-18

TINJAUAN PUSTAKA

Sebuah model memegang peranan sangat penting di bidang ilmu pengetahuan. Biasanya dari segi ekonomi untuk menghemat waktu dan biaya ataupun komoditi berharga lainnya. Pemodelan bisa juga dilakukan untuk menghindari resiko kerusakan sistem nyata. Dengan demikian sebuah model diperlukan bilamana percobaan dengan sistem nyata menjadi terhalang karena mahal, berbahaya ataupun merupakan sesuatu yang tidak mungkin untuk dilakukan. Averill (2006) menyatakan bahwa asumsi sistem nyata diwujudkan dari sistem nyata dengan menentukan faktor-faktor dominan (variabel, kendala, dan parameter) yang mengendalikan perilaku dari sistem nyata Daellenbach (1994) dalam System and Decision Making yang dimaksudkan dengan model adalah representasi sederhana dari sesuatu yang nyata. Dengan pengertian ini menunjukkan bahwa model selalu tidak sempurna. Dengan demikian menjadi jelas bahwa untuk kondisi tertentu biasanya perlu membangun sebuah model yang mewakili sistem nyata serta mempelajarinya sebagai pengganti sistem nyata.

Dalam pembuatan model simulasi, diperlukan penentuan elemen-elemen dasar seperti ditunjukkan berikut ini (Bowden et. al,2003):

1. *Locations*
Locations merupakan suatu lokasi yang diperlukan untuk menerima kedatangan suatu *entities*, dan juga memproses suatu *entities* sehingga memiliki nilai tambah.
2. *Entities*
Entities merupakan suatu komponen atau objek yang akan masuk ke dalam sistem. Di dalam sistem, *entities* ini akan diproses, setelah itu *entities* akan meninggalkan sistem.
3. *Arrivals*
Arrivals merupakan bagian dari pemodelan dengan *software* ProModel yang menjadwalkan karakteristik kedatangan dari masing-masing *entities*, seperti waktu antar kedatangan, jumlah kedatangan, dan sebagainya.
4. *Attributes* dan *Variables*
Attributes adalah sebuah *tag numeric* yang dibawa/dikenakan kepada *entity* ataupun *location*, yang berfungsi untuk memberikan suatu karakteristik unik pada objek yang dikenakannya. *Variables* terdiri dari dua tipe, yaitu *global* dan *local*.
5. *Processing*
Processing merupakan bagian yang mendefinisikan *logic/proses* yang akan dialami oleh sebuah *entities* pada suatu lokasi tertentu, dan kemudian *logic/proses* perpindahan *entities* ke lokasi selanjutnya.

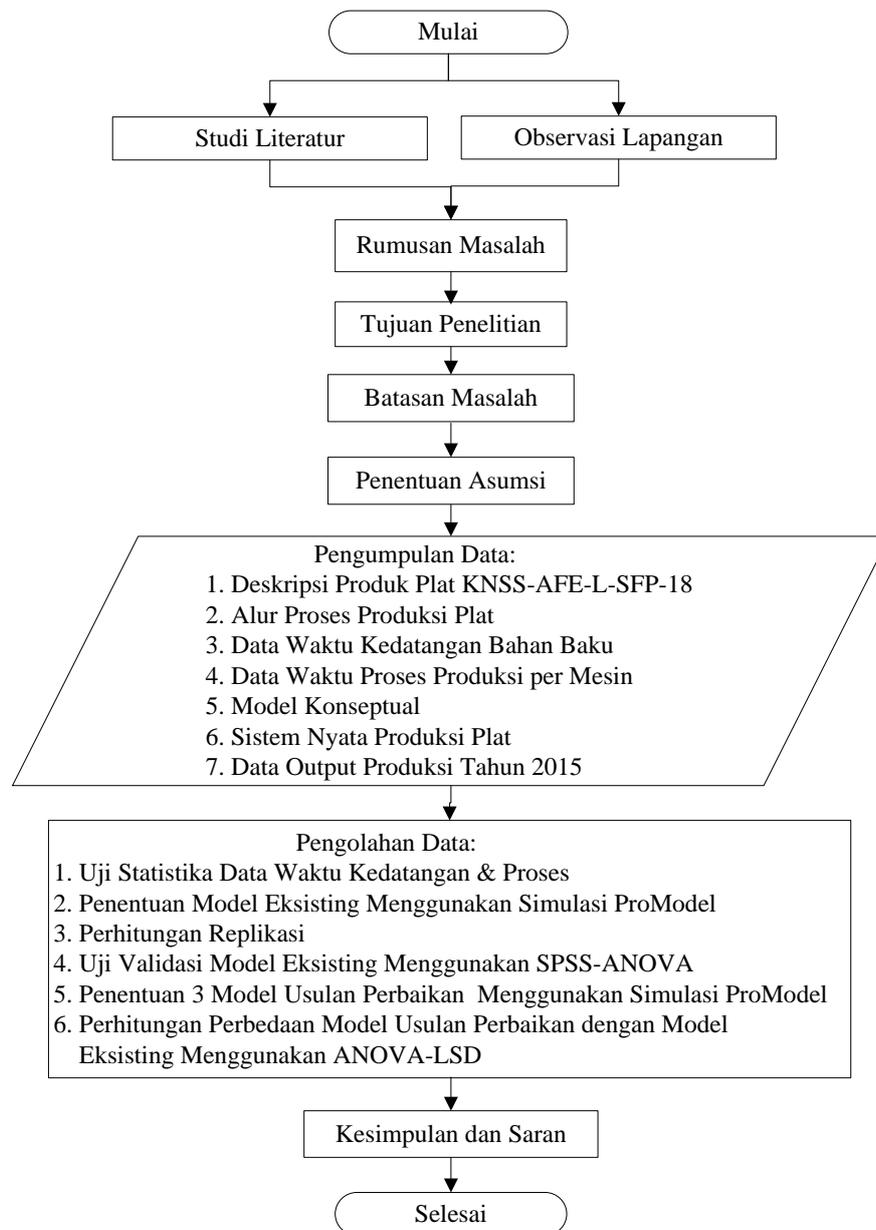
Harrel et. al, (2003), simulasi merupakan sebuah studi dengan memasukkan manipulasi sebuah model dari suatu sistem dengan tujuan mengevaluasi alternatif desain atau aturan keputusan. Dengan simulasi, percobaan sistem dapat mengurangi resiko kebingungan struktur yang ada dengan perubahan yang tidak mendatangkan keuntungan. Charles R. et. al, (2003), ProModel adalah sebuah *software* yang dapat digunakan untuk mensimulasikan dan menganalisis sebuah sistem.

Menurut Rivai, Harrizul (2008) Uji ANOVA satu arah hanya memberikan kesimpulan tentang ada tidaknya perbedaan antar tiga atau lebih kelompok data, sedangkan kelompok mana yang berbeda belum dapat disimpulkan. Untuk memecahkan masalah itu pada ANOVA satu arah tersedia uji lanjut Post Hoc. Jika Post Hoc dipilih, maka akan muncul pilihan 18 jenis uji lanjut salah satunya yaitu LSD. *Fisher Least Significant Difference* (LSD) atau Beda Nyata Terkecil (BNT) digunakan untuk mengetahui dari pasangan rata-

rata mana yang paling berbeda di antara pasangan yang ada. Uji LSD menggunakan perbandingan berbagai rata-rata dengan uji t untuk mengetahui perbedaan dari pasangan rata-rata. Hasil pengujian ANOVA dengan menggunakan uji F menunjukkan nilai F hitung lebih besar dengan Sig. = 0,000 ($< 0,05$), maka H_0 ditolak.

METODOLOGI PENELITIAN

Berikut ini merupakan metodologi penelitian yang digunakan pada penelitian tentang Optimasi dan Simulasi:

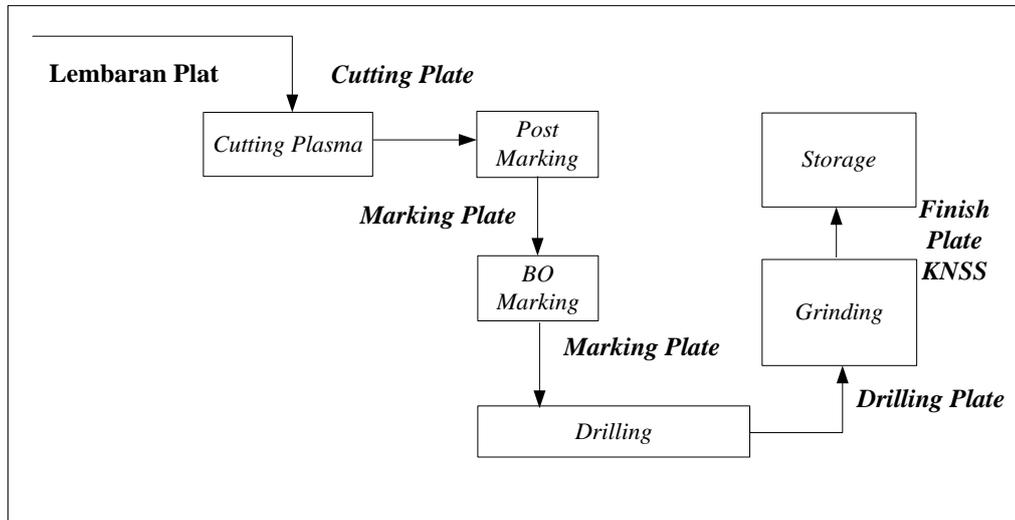


Gambar 1. *Flow Chart* Penelitian

PENGAMBILAN DAN PENGUMPULAN DATA

Berikut adalah pengumpulan dan pengolahan data pada penelitian optimasi dan simulasi proses produksi plat KNSS-AFE-L-SFP-18 yang dapat dilihat sebagai berikut :

Alur Proses Produksi Plat



Gambar 2. Entity Flow Diagram

Uji Statistika Data Waktu Kedatangan & Proses Menggunakan Stat Fit

Tabel 1. Hasil Uji Statistika

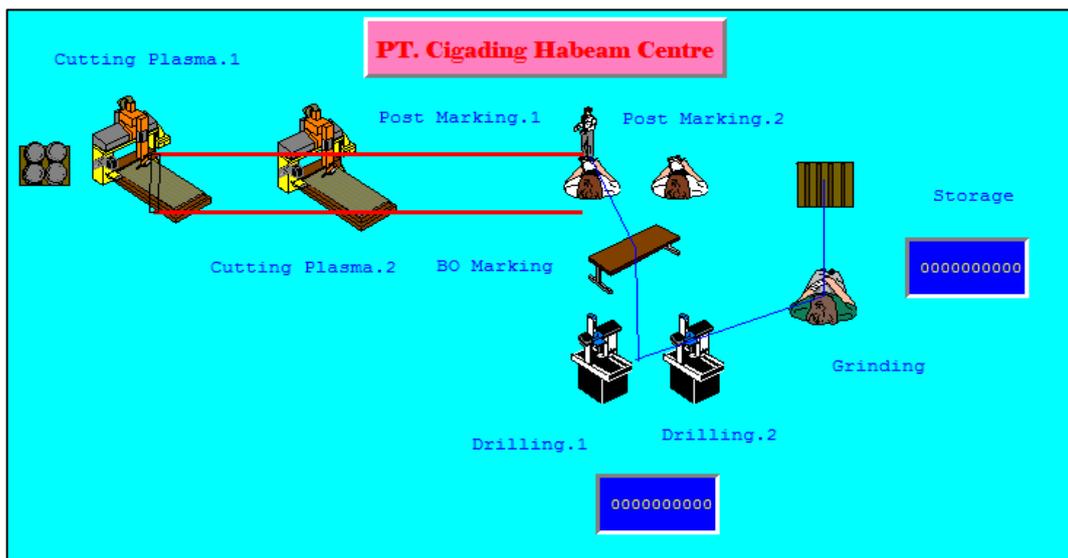
| Waktu | Uji Korelasi | Scatter Plot | Run Test | Goodness Of Fit | |
|------------------------|-------------------|---|---------------|--------------------|------------------|
| | | | | Kolmogorof Smirnov | Anderson Darling |
| Waktu Antar Kedatangan | Tidak Berkorelasi | · Data tersebar secara acak, · Data tidak berhubungan (independen) | Do Not Reject | Do Not Reject | Do Not Reject |
| Proses Cutting | Tidak Berkorelasi | · Data tersebar secara acak, · Data tidak berhubungan (independen) | Do Not Reject | Do Not Reject | Do Not Reject |
| Proses Marking | Tidak Berkorelasi | · Data tersebar secara acak, · Data tidak berhubungan (independen) | Do Not Reject | Do Not Reject | Do Not Reject |
| Proses Drilling | Tidak Berkorelasi | · Data tersebar secara acak, · Data tidak berhubungan (independen) | Do Not Reject | Do Not Reject | Do Not Reject |
| Proses Grinding | Tidak Berkorelasi | · Data tersebar secara acak, · Data tidak berhubungan (independen) | Do Not Reject | Do Not Reject | Do Not Reject |

Estimasi Parameter

Tabel 2. Hasil Estimasi Parameter

| Waktu | Distribusi | Rank | Mean | StDev |
|------------------------|--------------|------|---------|---------|
| Waktu Antar Kedatangan | Lognormal | 100 | 65,8667 | 18,373 |
| Proses <i>Cutting</i> | Normal | 99,4 | 2260,1 | 91,876 |
| Proses <i>Marking</i> | Eksponensial | 100 | 507,133 | 76,5888 |
| Proses <i>Drilling</i> | Lognormal | 100 | 235 | 41,3396 |
| Proses <i>Grinding</i> | Normal | 100 | 129,5 | 14,9799 |

Layout Model Eksisting Menggunakan Simulasi ProModel



Gambar 3. *Layout Model Eksisting*

Pada sistem eksisting produksi komponen plat ini, terdapat 2 mesin *cutting plasma* untuk proses pemotongan, 2 operator *marking* untuk memberikan pola sesuai ukuran dimensi, 2 mesin *drilling jetbroach* untuk proses pelubangan, dan 1 mesin gerinda tangan. Pada sistem terdapat pula *material handling* berupa *portal crane* sebanyak 1 buah dengan kecepatan masing-masing 20m/menit dan satu orang operator *material handling*. Operator *material handling* dan operator di masing-masing mesin memiliki waktu kerja 2 *shift* pada *weekdays* dengan jam kerja *shift* pertama yaitu 08.00-16.00 dengan 1 jam istirahat dan *shift* kedua yaitu 16.00-23.00 dengan 1 jam istirahat. Pada *weekend* terdapat waktu kerja 1 *shift* dengan jam kerja *shift* yaitu 08.00-16.00.

Perhitungan Replikasi

Perhitungan replikasi untuk melihat apakah data simulasi model eksisting sudah mencukupi sistem nyata atau tidak pada PT. Cigading Habeam Centre.

Tabel 3. Replikasi

| No | X_i | \bar{X} | $X_i - \bar{X}$ | $(X_i - \bar{X})^2$ | S | e | N' |
|----|-------|-----------|-----------------|---------------------|-----------|-----------|-----------|
| 1 | 4647 | | -22.6 | 510.76 | | | |
| 2 | 4760 | 4669.6 | 90.4 | 8172.16 | 2923.8222 | 2091.4311 | 7.5080463 |
| 3 | 4678 | | 8.4 | 70.56 | | | |

| | | | |
|----|--------------|-------|----------------|
| 4 | 4598 | -71.6 | 5126.56 |
| 5 | 4732 | 62.4 | 3893.76 |
| 6 | 4601 | -68.6 | 4705.96 |
| 7 | 4718 | 48.4 | 2342.56 |
| 8 | 4673 | 3.4 | 11.56 |
| 9 | 4634 | -35.6 | 1267.36 |
| 10 | 4655 | -14.6 | 213.16 |
| | 46696 | | 26314.4 |

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, maka didapatkan kesimpulan bahwa data yang ada telah mencukupi, karena $N > N' = 10 > 8$, sehingga data yang telah disimulasikan telah mencukupi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut adalah hasil dan pembahasan penelitian optimasi dan simulasi proses produksi plat KNSS-AFE-L-SFP-18 yang dapat dilihat sebagai berikut :

5.1 Uji Validasi Model Eksisting Menggunakan SPSS ANOVA

Model validasi dapat dikatakan valid secara kuantitatif jika perbedaan hasil dari sistem nyata tidak berbeda jauh dengan hasil simulasi. Model juga dapat dikatakan valid apabila jalur yang dibuat dalam *software* promodel sesuai dengan sistem nyata yang di amati di perusahaan. Proses validasi dari model dilakukan dengan menggunakan data berupa data output dari sistem nyata dan data hasil dari simulasi sebanyak replika yang dijalankan (dalam penelitian ini, replikasi yang dijalankan berjumlah 10 kali replikasi).

Tabel 4. Data Output Sistem Nyata dan Sistem Eksisting

| No | Output Sistem Nyata (Unit) | Output Sistem Simulasi Eksisting (Unit) |
|------------------|----------------------------|---|
| 1 | 4207 | 4647 |
| 2 | 4808 | 4760 |
| 3 | 5009 | 4678 |
| 4 | 4207 | 4598 |
| 5 | 4007 | 4732 |
| 6 | 6812 | 4601 |
| 7 | 5209 | 4718 |
| 8 | 4207 | 4673 |
| 9 | 5409 | 4634 |
| 10 | 5209 | 4655 |
| Total | 49084 | 46696 |
| Rata-rata | 8924,364 | 4669,600 |

Proses validasi model dilakukan dengan menghitung data secara manual, lalu disamakan dengan menggunakan *software* SPSS 20 untuk menguji kesamaan dua rata-rata pada output jumlah produk akhir dari sistem nyata dan sistem eksisting. Apabila didapatkan nilai perbedaan yang sedikit atau tidak signifikan, maka dapat disimpulkan bahwa hasil

model pada sistem eksisting simulasi menggambarkan keadaan sistem nyata pada PT. Cigading Habeam Centre (PT. CHC).

Dengan pengambilan keputusan,

μ_1 = rata-rata output sistem nyata

μ_2 = rata-rata output sistem simulasi eksisting

H_0 : $\mu_1 = \mu_2$, rata-rata output sistem nyata sama dengan rata-rata output sistem simulasi eksisting

H_1 : $\mu_1 \neq \mu_2$, rata-rata output sistem nyata tidak sama dengan rata-rata output sistem simulasi eksisting

Tabel 5. *Paired Samples Statistics*
Paired Samples Statistics

| | Mean | N | Std. Deviation | Std. Error Mean |
|----------------------------|-----------|----|----------------|-----------------|
| Pair 1 Sistem_Nyata | 4908.4000 | 10 | 840.87404 | 265.90772 |
| Sistem_Simulasi | 4669.6000 | 10 | 54.07238 | 17.09919 |

Dapat terlihat pada Tabel 5. diatas bahwa rata rata yang dihasilkan oleh data sistem nyata dan sistem simulasi/eksisting dengan menggunakan *software* SPSS 20 yaitu *mean* sistem nyata sebesar 4908,400 dan *mean* sistem simulasi sebesar 4669,600 dengan jumlah N (replikasi) sebanyak 10. Berikut ini merupakan hasil dari pengolahan data menggunakan *software* SPSS 20.

Tabel 6. *Paired Samples Correlations*

| Paired Samples Correlations | | N | Correlation | Sig. |
|-----------------------------|--------------------------------|----|-------------|------|
| Pair 1 | Sistem_Nyata & Sistem_Simulasi | 10 | -.340 | .337 |

Output dari tabel Tabel 6 diatas menunjukkan hasil korelasi antara dua buah sampel dengan jumlah N (replikasi) sebanyak 10 kali dan korelasi ditunjukkan dengan angka -0,340 dengan nilai signifikansi 0,337 (diatas 0,05). Ini berarti bahwa hubungan antara output sistem nyata dan sistem simulasi eksisting adalah tidak terdapat korelasi yang kuat atau korelasinya sangat rendah. Maka dapat diketahui bahwa H_0 diterima, yaitu *output* rata-rata dari sistem nyata dan sistem simulasi dapat dikatakan sama.

Tabel 7. *Paired Samples Test*

| | | Paired Differences | | | | | t | df | Sig. (2-tailed) |
|---------------|--------------------------------|--------------------|----------------|-----------------|---|-----------|------|----|-----------------|
| | | Mean | Std. Deviation | Std. Error Mean | 95% Confidence Interval of the Difference | | | | |
| | | | | | Lower | Upper | | | |
| Pair 1 | Sistem_Nyata - Sistem_Simulasi | 238.80000 | 860.75003 | 272.19306 | -376.94348 | 854.54348 | .877 | 9 | .403 |

Berdasarkan pada tabel Tabel 7 diatas dihasilkan mean sebesar 238,800 dan *standard deviation* sebesar 860,75003 dengan *standard error mean* sebesar 272,19306. Pada tabel diatas juga terdapat nilai signifikan (*sig 2 tailed*) sebesar 0,403. Nilai signifikan ini lebih besar dari α yaitu 0,05 sehingga H_0 diterima. Jika dilihat dari nilai t hitung sebesar 0,877 dan perbandingan dengan t tabel dengan persen kesalahan 5% sebesar 2,262, maka $T_{hitung} < T_{tabel}$ sehingga H_0 diterima. Dapat dilihat pula dari *lower* dan *upper* pada *convidence interval* sebesar -376,94348 sampai 854,54348, jika selang antara keduanya melewati 0, maka H_0 diterima. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa tidak adanya perbedaan yang signifikan antara rata-rata *output* sistem nyata dengan *output* sistem simulasi eksisting, sehingga model ini dapat dikatakan *valid*.

5.2 Perancangan 3 Model Usulan Perbaikan Menggunakan Simulasi ProModel

Tabel 8. Usulan Perbaikan Model

| USULAN PERBAIKAN | |
|------------------|--|
| 1 | Penambahan 1 mesin <i>cutting plasma</i> , 1 operator <i>marking</i> , 1 mesin <i>drilling jetbroach</i> , dan 1 mesin <i>grinding</i> . |
| 2 | Penambahan 2 mesin <i>cutting plasma</i> , 1 operator <i>marking</i> , dan 1 mesin <i>grinding</i> |
| 3 | Penambahan 1 mesin <i>cutting plasma</i> , 2 operator <i>marking</i> , 1 mesin <i>drilling jetbroach</i> dan 1 mesin <i>grinding</i> . |

5.3 Perhitungan Perbedaan Model Usulan Perbaikan dengan Model Eksisting Menggunakan ANOVA-LSD

1. ANOVA

Berikut merupakan langkah-langkah perhitungan uji ANOVA manual:

- Menentukan hipotesis pengaruh model eksisting, usulan perbaikan 1, usulan perbaikan 2, dan usulan perbaikan 3.

μ_1 = rata-rata *output* sistem simulasi eksisting

μ_2 = rata-rata *output* sistem simulasi usulan perbaikan 1

μ_3 = rata-rata *output* sistem simulasi usulan perbaikan 2

μ_4 = rata-rata *output* sistem simulasi usulan perbaikan 3

$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$

Tidak terdapat perbedaan yang signifikan antar rata-rata *output* sistem simulasi eksisting dengan sistem simulasi usulan perbaikan

$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4$

Terdapat perbedaan yang signifikan antar rata-rata *output* sistem simulasi eksisting dengan sistem simulasi usulan perbaikan

- Memilih taraf nyata

Taraf nyata yang dipilih adalah 95% dan $\alpha = 5\%$

- Wilayah kritis:

Tolak H_0 jika $F_{hitung} > F_{tabel}$ yang berarti jika perhitungan lebih besar daripada F pada tabel maka terdapat perbedaan yang signifikan antar sistem simulasi eksisting dengan sistem simulasi usulan perbaikan 1, usulan perbaikan 2, maupun usulan perbaikan 3.

- Perhitungan ANOVA

Perhitungan ANOVA dilakukan untuk membandingkan sistem eksisting dengan sistem usulan perbaikan. Berikut ini adalah Tabel 9 hasil perhitungan manual ANOVA:

Tabel 9. Perhitungan ANOVA

| Keterangan Produk | Output Sistem Eksisting (Unit) | Output Usulan Perbaikan 1 (Unit) | Output Usulan Perbaikan 2 (Unit) | Output Usulan Perbaikan 3 (Unit) | |
|------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------------------|
| Replikasi 1 | 4647 | 6790 | 6790 | 9383 | |
| Replikasi 2 | 4760 | 6818 | 6818 | 9240 | |
| Replikasi 3 | 4678 | 7110 | 7110 | 9415 | |
| Replikasi 4 | 4598 | 7107 | 7056 | 9240 | |
| Replikasi 5 | 4732 | 7000 | 7098 | 9324 | |
| Replikasi 6 | 4601 | 7014 | 6902 | 9384 | |
| Replikasi 7 | 4718 | 6916 | 7110 | 9274 | |
| Replikasi 8 | 4673 | 7096 | 7042 | 9296 | |
| Replikasi 9 | 4634 | 7028 | 7070 | 9184 | |
| Replikasi 10 | 4655 | 6902 | 6986 | 9168 | |
| Total | 46696 | 69781 | 69982 | 92908 | 279367 |
| Sigma Y_{ijk} | 218077956 | 487061629 | 489878628 | 863255318 | 2058273531 |

Tabel 10. ANOVA SPSS

ANOVA

finish_plat

| | Sum of Squares | Df | Mean Square | F | Sig. |
|----------------|----------------|----|--------------|----------|------|
| Between Groups | 106780099.275 | 3 | 35593366.425 | 3709.633 | .000 |
| Within Groups | 345414.500 | 36 | 9594.847 | | |
| Total | 107125513.775 | 39 | | | |

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan manual ANOVA yang telah disesuaikan dengan hasil perhitungan ANOVA menggunakan *software* SPSS diperoleh nilai F_{Hitung} sebesar 3709,633473 sementara itu nilai F_{Tabel} yaitu $F_{(\alpha, df - SSTreatment, df - SSEerror)}$ adalah $F(0,05;3;36)$ sebesar 2,866. Dengan demikian $F_{Hitung} > F_{Tabel}$ yaitu $3709,633473 > 2,866$ sehingga tolak H_0 yang berarti paling tidak terdapat perbedaan yang signifikan antar sistem simulasi eksisting dengan sistem simulasi usulan perbaikan 1, usulan perbaikan 2, dan usulan perbaikan 3 untuk dibandingkan.

2. LSD

Pada perhitungan ANOVA tidak diketahui apa saja yang berbeda dan bagaimana perbedaan yang terjadi antar simulasi eksisting dan usulan perbaikan. Oleh karena itu dilakukan uji lanjutan dari ANOVA dan *post hoc test* menggunakan LSD (*Least Significant Difference*). Berikut merupakan hasil perhitungan manual LSD:

$$LSD(\alpha) = t_{(df-error, \frac{\alpha}{2})} \sqrt{\frac{2(MSE)}{n}} = t_{(36;0,025)} \sqrt{\frac{2(9594,847222)}{10}} = 88,8425987$$

Berikut ini merupakan Tabel 11. hasil perhitungan LSD dengan menggunakan *software* SPSS 20:

Tabel 11. Perhitungan LSD dengan Software SPSS

Dependent Variable: finish_plat
LSD

| (I) kondisi | (J) kondisi | Mean Difference (I-J) | Std. Error | Sig. | 95% Confidence Interval | |
|--------------------|--------------------|-----------------------|------------|------|-------------------------|-------------|
| | | | | | Lower Bound | Upper Bound |
| Simulasi Eksisting | Alternatif 1 | -2308.50000* | 43.80604 | .000 | -2397.3428 | -2219.6572 |
| | Alternatif 2 | -2328.60000* | 43.80604 | .000 | -2417.4428 | -2239.7572 |
| | Alternatif 3 | -4621.20000* | 43.80604 | .000 | -4710.0428 | -4532.3572 |
| Alternatif 1 | Simulasi Eksisting | 2308.50000* | 43.80604 | .000 | 2219.6572 | 2397.3428 |
| | Alternatif 2 | -20.10000 | 43.80604 | .649 | -108.9428 | 68.7428 |
| | Alternatif 3 | -2312.70000* | 43.80604 | .000 | -2401.5428 | -2223.8572 |
| Alternatif 2 | Simulasi Eksisting | 2328.60000* | 43.80604 | .000 | 2239.7572 | 2417.4428 |
| | Alternatif 1 | 20.10000 | 43.80604 | .649 | -68.7428 | 108.9428 |
| | Alternatif 3 | -2292.60000* | 43.80604 | .000 | -2381.4428 | -2203.7572 |
| Alternatif 3 | Simulasi Eksisting | 4621.20000* | 43.80604 | .000 | 4532.3572 | 4710.0428 |
| | Alternatif 1 | 2312.70000* | 43.80604 | .000 | 2223.8572 | 2401.5428 |
| | Alternatif 2 | 2292.60000* | 43.80604 | .000 | 2203.7572 | 2381.4428 |

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Tabel 12. Hasil Rata-rata *Output* Eksisting dan Usulan Perbaikan

| Kondisi | Rata-rata <i>Output</i> |
|--------------------|-------------------------|
| Usulan Perbaikan 3 | 9290,8 |
| Usulan Perbaikan 2 | 6998,2 |
| Usulan Perbaikan 1 | 6978,1 |
| Sistem Eksisting | 4669,6 |

Tabel 11 dan Tabel 12 diatas menunjukkan hasil rata-rata *output* dari sistem simulasi eksisting dan usulan perbaikan yang berurutan dari jumlah terbesar ke jumlah terkecil. Dapat dilihat dari tabel diatas yang merupakan kesimpulan dan alternatif terbaik berdasarkan perhitungan LSD adalah Usulan Perbaikan 3 dengan nilai rata-rata *output* 9290,8 yang merupakan rata-rata yang terbesar dibandingkan dengan alternatif usulan perbaikan 1 dan 2. Alternatif usulan perbaikan 3 untuk menyelesaikan permasalahan pada sistem eksisting yang dipilih yaitu dengan menambahkan 1 mesin *cutting plasma* 2 operator *marking*, 1 mesin *drilling*, dan 1 *grinding*.

KESIMPULAN

Setelah melakukan simulasi pada proses produksi komponen plat KNSS-AFE-L-SFP-18 maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Masalah yang terdapat pada proses produksi komponen plat KNSS-AFE-L-SFP-18 yaitu stasiun kerja dengan proses *cutting* mengalami *bottleneck* dan menyebabkan proses selanjutnya yaitu *marking*, *drilling*, dan *grinding* mengalami *delay* atau menganggur sehingga menyebabkan produktivitas menurun.

2. Usulan perbaikan untuk penyelesaian masalah pada proses produksi komponen plat KNSS-AFE-L-SFP-18 terdiri dari 3 yaitu usulan perbaikan 1 dengan menambah 1 mesin *cutting plasma*, 1 operator *marking*, 1 *drilling*, dan 1 *grinding*, usulan perbaikan 2 dengan menambah 2 mesin *cutting plasma*, 1 operator *marking*, dan 1 *grinding*, serta usulan perbaikan 3 dengan menambah 1 mesin *cutting plasma*, 2 operator *marking*, 1 *drilling*, dan 1 *grinding*.
3. Usulan perbaikan yang tepat untuk penyelesaian masalah pada proses produksi komponen plat KNSS-AFE-L-SFP-18 yaitu usulan perbaikan 3 dengan menambah 1 mesin *cutting plasma*, 2 operator *marking*, 1 *drilling*, dan 1 *grinding*.
4. Nilai rata-rata *output* optimal yang dihasilkan usulan perbaikan 3 adalah sebesar 9290,8 unit.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]Averill Law. Simulation Moelling and Analysis with Expert fit Software. McGRaw-Hill. New York. 2006.
- [2]Charles R. Harrel, Biman K. Gosh, dan Royce O. Bowden. Simulation Using Promodel. McGRaw-Hill. New York. 2003.
- [3]Daellenbach, Hans G. System and Decision Making: A Management Science Approach. Chichester: John Wiley and Sons, Ltd. 1994.
- [4] Rivai, Harrizul. Handout Uji Lanjut Dalam ANOVA dengan SPSS. 2008