

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

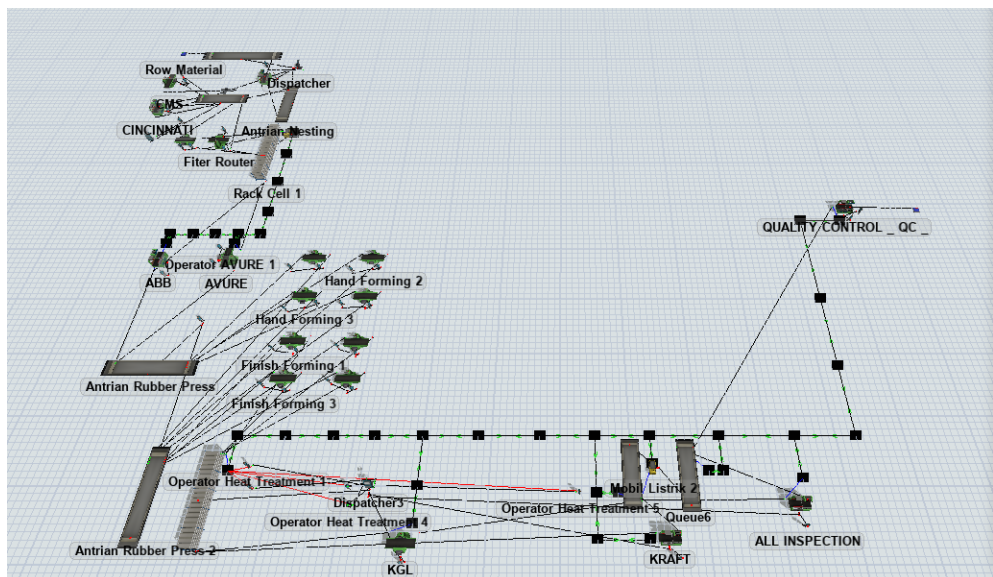
5.1 Sistem Produksi Area Sheet Metal

Area Sheet Metal merupakan salah satu area produksi yang berada di bawah Departemen *Detail Part Manufaktur (DPM)* PT. Dirgantara Indonesia dan memiliki peran strategis dalam proses pembuatan komponen pesawat berbahan (*sheet metal*). Area ini bertanggung jawab menghasilkan berbagai komponen struktural pesawat, seperti *panel*, *bracket*, *skin*, *rib*, serta komponen lainnya yang menuntut tingkat akurasi dimensi, presisi manufaktur, dan kualitas produk yang tinggi sesuai dengan standar industri kedingantaraan. Material yang digunakan pada proses produksi umumnya berupa lembaran logam dengan ketebalan berkisar antara 0,5 mm hingga beberapa milimeter. Pemilihan ketebalan material disesuaikan dengan karakteristik komponen serta spesifikasi teknis yang telah ditetapkan dalam gambar teknik (*engineering drawing*).

Secara umum, sistem produksi pada *Area Sheet Metal* terdiri atas beberapa tahapan yang saling terintegrasi, mulai dari proses pembentukan material, *heat treatment*, hingga *quality control (QC)*. Setiap komponen diproses sesuai urutan operasi yang telah ditetapkan untuk memenuhi standar kualitas industri penerbangan. Dalam penelitian ini, pengamatan difokuskan pada empat area utama, yaitu *Cell 1*, *Cell 2*, *Heat Treatment*, dan *Quality Control (QC)*, karena keempatnya area ini memiliki trafik yang paling tinggi dalam produksi dan memiliki peran penting dalam menjaga kelancaran aliran proses produksi

5.1.1 Model Simulasi Existing

Tahap pertama dalam penelitian ini adalah mengidentifikasi kendala pada sistem produksi. Proses identifikasi dilakukan dengan membangun model simulasi yang merepresentasikan alur produksi pada sistem nyata. Selanjutnya model simulasi divalidasi untuk memastikan kesesuaiannya dengan kondisi aktual. Model yang telah tervalidasi kemudian digunakan untuk mengidentifikasi kemacetan (*bottleneck*) yang terjadi dalam sistem produksi.



Gambar 5. 1 Model Simulasi Existing

Proses pembuatan model simulasi dari sistem nyata menggunakan perangkat lunak *FlexSim 2027*. Proses dimulai dari pembuatan tata letak berdasarkan data-data yang telah diperoleh. Setiap mesin didefinisikan sesuai dengan data sistem nyatanya, beberapa ada yang menggunakan asumsi agar sesuai dengan sistem nyata yang ada di PT. Dirgantara Indonesia khususnya pada Departemen *Detail Part Manufaktur (DPM)* di area *Sheet Metal* yang melewati alur *Cell 1*, *Cell 2*, *Heat Treatment*, hingga *Quality Control (QC)*. *Runtime* yang digunakan untuk simulasi tersebut adalah 12 Bulan dikarenakan proses pembuatan komponen pesawat banyak dan memakan waktu yang lama. Jadi untuk validasi hasil simulasi yang digunakan satu bulan dalam satu tahun.

5.1.2 Verifikasi Dan Validasi Model

Dalam penelitian ini, kesesuaian model simulasi dengan sistem nyata dipastikan melalui dua tahapan, yaitu verifikasi dan validasi. Kedua tahapan tersebut dilakukan untuk memastikan bahwa model simulasi telah merepresentasikan kondisi aktual.

a. *Computerizes Model Verification*

Computerized Model Verification dilakukan untuk memastikan bahwa implementasi model konseptual ke dalam model simulasi telah sesuai dengan rancangan yang ditetapkan oleh pemodel. Model simulasi yang telah dibuat selanjutnya diverifikasi oleh pihak yang memahami proses produksi secara menyeluruh, yaitu Manajer Departemen *Detail Part Manufaktur (DPM)*, guna memastikan kesesuaiannya dengan kondisi operasional aktual.

b. *Data Validity*

Data Validity dilakukan untuk memastikan bahwa data yang telah dikumpulkan untuk membangun model, mengevaluasi model dan pengujian, serta melakukan desain eksperimen dalam menyelesaikan permasalahan telah memadai dan benar. Pada tahap ini data yang dikumpulkan berupa data waktu proses berdasarkan kondisi aktual langsung di lapangan dan seluruh data ada dari perangkat lunak *SAP*. Sedangkan data alur produksi dilakukan pengamatan secara langsung peneliti bersama Supervisor.

5.1.3 Hasil Simulasi Existing

Hasil simulasi kondisi *existing* menggambarkan jumlah *output* produksi yang diperoleh dari model simulasi berdasarkan kondisi aktual. Simulasi dilakukan untuk periode Januari hingga Desember 2025 dengan menggunakan parameter yang telah disesuaikan terhadap kondisi operasional perusahaan. Rekapitulasi hasil produksi dari simulasi kondisi *existing* disajikan pada Tabel 5.1.

Tabel 5. 1 Hasil Simulasi Existing

Bulan	Hasil Produksi Simulasi
Jan	688
Feb	836
Mar	756
Apr	663
May	1169
Jun	1228
Jul	1850
Aug	1294
Sep	1204
Oct	1364
Nov	2010
Dec	1767

Berdasarkan Tabel 5.1, hasil produksi simulasi menunjukkan adanya variasi jumlah produksi pada setiap bulan sesuai dengan kondisi sistem yang dimodelkan. Jumlah produksi terendah pada hasil simulasi terjadi pada bulan April sebanyak 663 unit, sedangkan jumlah produksi tertinggi terjadi pada bulan November sebanyak 2.010 unit. Jika dibandingkan dengan data produksi aktual hasilnya sama pada bulan tersebut mengalami terendah dan tertinggi, namun dari hasil simulasi masih menunjukkan adanya perbedaan jumlah produksi pada beberapa periode pengamatan. Meskipun demikian, pola perubahan produksi yang dihasilkan model secara umum masih mengikuti kecenderungan kondisi aktual, sehingga model simulasi dapat digunakan sebagai representasi sistem produksi *existing* setelah melalui proses *verifikasi* dan *validasi*.

5.1.4 Uji Validasi MAPE

Uji Validasi *Mean Absolute Percentage Error* (*MAPE*) digunakan untuk mengukur tingkat kesesuaian antara hasil simulasi dengan data aktual melalui perhitungan rata-rata persentase kesalahan absolut. Nilai *MAPE* diperoleh dari selisih absolut antara *output* simulasi dan kondisi nyata yang kemudian dinyatakan dalam bentuk persentase terhadap data aktual. Semakin kecil nilai *MAPE* yang dihasilkan, semakin tinggi tingkat akurasi model simulasi dalam merepresentasikan kondisi sistem nyata.

Tabel 5. 2 Uji *MAPE*

Output Aktual	Ouput Simulasi	Selisih	Persentase Kesalahan Absolut
696	688	8	1,15
860	836	24	2,79
716	756	-40	5,59
661	663	-2	0,30
1171	1169	2	0,17
1226	1228	-2	0,16
1851	1850	1	0,05
1293	1294	-1	0,08
1201	1204	-3	0,25
1368	1364	4	0,29
2031	2010	21	1,03
1773	1767	6	0,34

Berdasarkan hasil perhitungan yang disajikan pada Tabel, persentase kesalahan absolut antara hasil simulasi dan data aktual berkisar antara 0,05% hingga 5,59%, dengan nilai *Mean Absolute Percentage Error* (*MAPE*) sebesar 1,02%. Mengacu pada kriteria interpretasi *MAPE*, nilai tersebut termasuk dalam kategori sangat baik karena berada di bawah ambang batas 10%. Temuan ini mengindikasikan bahwa model simulasi memiliki tingkat kesesuaian yang sangat tinggi terhadap kondisi sistem aktual. Oleh karena itu, model simulasi dapat dinyatakan valid dan memenuhi persyaratan untuk digunakan sebagai dasar dalam pelaksanaan analisis lebih lanjut serta evaluasi berbagai skenario usulan perbaikan guna meningkatkan kinerja sistem produksi.

5.1.5 Work In Process (WIP)

Setelah model simulasi dinyatakan valid, tahapan berikutnya adalah melakukan analisis terhadap *Work In Process (WIP)* pada setiap stasiun kerja. Analisis ini bertujuan untuk mengevaluasi jumlah produk yang masih berada dalam proses produksi dan belum dapat diteruskan ke stasiun kerja berikutnya pada setiap periode pengamatan. Jumlah *WIP* yang terbentuk mencerminkan tingkat keseimbangan kapasitas antarstasiun kerja dalam sistem produksi. Oleh karena itu, nilai *WIP* dapat digunakan sebagai indikator untuk mengidentifikasi adanya penumpukan material (*bottleneck*) yang berpotensi menghambat kelancaran aliran proses produksi. Hasil analisis jumlah *WIP* pada masing-masing stasiun kerja selama periode Januari hingga Desember disajikan pada Tabel 5.3.

Tabel 5. 3 Work In Process

Cell 1			Cell 2			Heat Treatment Dan Quality Control	
Bulan	WIP (Mesin Router)	WIP (Fiter Router)	WIP (Mesin Rubber Press)	WIP (Fitter Rubber Press)	WIP (Fitter Finish Forming)	WIP (Heat Treatment)	WIP (Quality Control)
Jan	-	-	-	600	304	4	4
Feb	-	-	-	1094	352	4	-
Mar	-	-	-	825	336	4	5
Apr	-	-	-	1300	258	4	-
May	-	-	-	1392	494	2	-
Jun	-	250	-	1654	512	4	4
Jul	-	-	-	1496	1173	-	-
Aug	-	525	-	1866	149	2	-
Sep	-	451	-	1796	928	6	-
Oct	-	466	-	1554	836	-	-
Nov	-	-	-	1345	746	-	-
Dec	-	-	-	1428	1169	-	-

Berdasarkan Tabel 5.3, diketahui bahwa *Work In Process (WIP)* tidak terdistribusi secara merata pada setiap stasiun kerja. Pada Mesin *Router*, Mesin *Rubber Press*, dan *Heat Treatment* hingga proses ke *Quality Control (QC)* hampir tidak terdapat *WIP* sepanjang periode simulasi, yang menunjukkan bahwa kapasitas stasiun kerja masih mampu mengimbangi laju kedatangan material. Hal ini menunjukkan bahwa stasiun kerja tersebut bukan merupakan sumber utama antrian atau penumpukan material dalam sistem produksi.

Sebaliknya, penumpukan *WIP* terbesar terjadi pada pengerjaan manual atau pengerjaan tangan yaitu *Fitter Router* dan *Fitter Rubber Press*, yang mengalami tingkat trafik yang paling tinggi, khususnya pada *Fitter Rubber Press*, *Hand Forming* dan *Finish Forming*. Kondisi ini menunjukkan bahwa laju kedatangan produk lebih tinggi di bandingkan kapasitas pengerjaan atau kemampuan pengerjaan, sehingga menyebabkan antrian atau penumpukan materil.

Setelah mengetahui tingkat *WIP* yang paling tinggi dari sistem produksi, selanjutnya dapat di simpulkan dan di ringkas penumpukan *WIP* dan *Output* Produksi berdasarkan bulan.

Tabel 5. 4 Work In Process

Bulan	Output	Work In Process WIP
Jan	688	912
Feb	836	1474
Mar	756	1125
Apr	663	1560
May	1169	1888
Jun	1228	2424
Jul	1850	2669
Aug	1294	2532
Sep	1204	3081
Oct	1364	2856
Nov	2010	2364
Dec	1767	2597

Berdasarkan hasil tersebut dapat diketahui bahwa *output* produksi dan *Work In Process (WIP)* menunjukkan pola yang berfluktuasi selama periode pengamatan. *Output* produksi berada pada kisaran 661–2.008 unit, sedangkan *WIP* berkisar antara 912–3.181 unit. Meskipun pada beberapa periode terjadi peningkatan *output* produksi, jumlah *WIP* juga mengalami kenaikan dan mencapai nilai maksimum sebesar 3.181 unit pada bulan September. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa kapasitas proses produksi belum mampu mengimbangi laju aliran material secara optimal, sehingga penumpukan produk dalam proses masih terjadi pada sistem produksi.

Secara keseluruhan, tingginya *WIP* ada pada *Fitter Rubber Press* yang menjadi indikasi terjadinya *bottleneck* disebabkan oleh kemampuan masing – masing *manpower* dan kurangnya tools. Kondisi ini menyebabkan peningkatan antrian dan memperpanjang *flow time*, sehingga peningkatan kapasitas atau efisiensi pada stasiun tersebut menjadi prioritas dalam penyusunan usulan perbaikan sistem produksi.

5.1.6 Utilisasi Proses Kerja

Analisis utilisasi proses kerja dilakukan untuk menilai tingkat penggunaan setiap stasiun kerja selama proses produksi berdasarkan hasil simulasi. Tingkat utilisasi menunjukkan proporsi waktu suatu stasiun kerja berada dalam kondisi aktif beroperasi (*busy*) dibandingkan dengan total waktu simulasi. Analisis ini digunakan untuk mengevaluasi keseimbangan pemanfaatan kapasitas antarstasiun kerja serta mengidentifikasi potensi *bottleneck* pada sistem produksi. Hasil analisis utilisasi setiap stasiun kerja selama periode Januari hingga Desember 2025 disajikan pada Tabel 5.6.

Tabel 5. 5 Utilisasi Proses Kerja

Stasiun Kerja	Utilisasi
CMS	25%
Cincinnati	25%
Fitter Router	44%
ABB	31%
Avure	32%
Fitter Rubber Press Hand Forming	61%
Fitter Rubber Press Finish Forming	61%
KGL	49%
KRAFT	49%

Berdasarkan Tabel 5.5, tingkat utilisasi pada setiap stasiun kerja menunjukkan adanya variasi dalam pemanfaatan kapasitas selama proses produksi. Nilai utilisasi tertinggi dicapai oleh *Fitter Rubber Press Hand Forming* dan *Fitter Rubber Press Finish Forming*, masing-masing sebesar 61%. Tingginya tingkat utilisasi pada kedua stasiun tersebut mengindikasikan bahwa keduanya menerima beban kerja yang lebih besar dibandingkan stasiun kerja lainnya, sehingga berpotensi menjadi titik kritis yang memengaruhi kelancaran aliran produksi. Temuan ini konsisten dengan hasil analisis *Work In Process (WIP)* yang menunjukkan terjadinya akumulasi produk pada kedua proses tersebut.

Selanjutnya, stasiun kerja *KGL* dan *KRAFT* memiliki tingkat utilisasi sebesar 49%, sedangkan *Fitter Router* mencapai 44%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa kapasitas pada ketiga stasiun masih mampu mengakomodasi kebutuhan proses produksi. Sementara itu, *ABB* (31%), *Avure* (32%), *CMS* (25%), dan *Cincinnati* (25%) menunjukkan tingkat utilisasi yang relatif lebih rendah, sehingga masih tersedia kapasitas yang belum dimanfaatkan secara optimal.

Secara keseluruhan, hasil analisis mengindikasikan bahwa distribusi beban kerja antarstasiun belum sepenuhnya seimbang. *Fitter Rubber Press*, *Hand Forming* dan *Finish Forming* merupakan stasiun dengan tingkat utilisasi tertinggi sekaligus berpotensi menjadi sumber terjadinya penumpukan produk, sedangkan stasiun kerja lainnya masih memiliki kapasitas yang dapat dioptimalkan untuk meningkatkan keseimbangan aliran proses dan efisiensi sistem produksi.

5.1.7 Bottleneck

Analisis *bottleneck* dilakukan untuk mengidentifikasi stasiun kerja yang menjadi kendala utama dalam sistem produksi berdasarkan hasil simulasi *FlexSim*. Identifikasi tersebut dilakukan melalui evaluasi terhadap tingkat utilisasi yaitu menunjukkan tingkat pemanfaatan sumber daya produksi dalam periode tertentu. *WIP* (*Work In Process*) yang merupakan jumlah produk yang masih berada dalam proses dan belum selesai diproduksi, dan *Average Stay Time* adalah rata-rata waktu produk berada dalam sistem produksi. pada setiap stasiun kerja. Stasiun kerja yang memiliki tingkat utilisasi tinggi, diikuti oleh akumulasi *WIP* serta waktu tinggal produk yang relatif panjang, diindikasikan sebagai *bottleneck* karena berpotensi menghambat kelancaran aliran produksi. Hasil identifikasi *bottleneck* pada masing-masing stasiun kerja disajikan pada Tabel 5.6.

Tabel 5. 6 Bottleneck

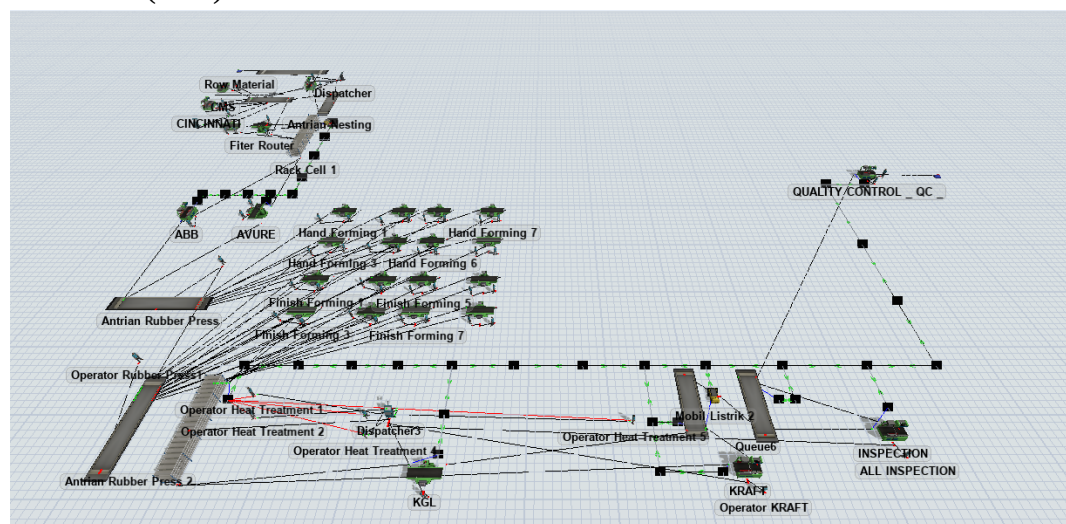
No	Stasiun Kerja	Utilisasi (%)	WIP	Average Stay Time	Kondisi	Analisis
1	CMS	25%	Rendah	Rendah	Tidak bottleneck	Kapasitas mesin masih berlebih sehingga tidak terjadi penumpukan material.
2	Fitter Router	44%	Rendah	Sedang	Tidak bottleneck	Beban kerja masih relatif rendah dan belum membatasi aliran produksi.
3	Rubber Press	32%	Sedang	Sedang	Potensi	Beban kerja terus meningkat dan mesin

No	Stasiun Kerja	Utilisasi (%)	WIP	Average Stay Time	Kondisi	Analisis
						juga hamper mengalami breakdown namun masih terkendalikan
4	Hand Forming	61%	Tinggi	Tinggi	Bottleneck	Kurangnya tools dan Kemampuan ManPower, Mempengaruhi kinerja produksi.
5	Finish Forming	60%	Sangat Tinggi	Sangat Tinggi	Bottleneck	Memiliki beban kerja terbesar sehingga berpotensi membatasi throughput sistem. Dan sama kurangnya Tool serta kemampuan ManPower.
6	Heat Treatment	49%	Sedang	Sedang	Potensi	Beban kerja mulai meningkat, namun kapasitas masih mencukupi.

Berdasarkan Tabel 5.6, identifikasi *bottleneck* dilakukan dengan menganalisis tingkat utilisasi, *Work In Process (WIP)*, dan *Average Stay Time* pada setiap stasiun kerja. Suatu stasiun kerja diindikasikan sebagai *bottleneck* apabila memiliki tingkat utilisasi yang tinggi, disertai penumpukan *WIP* dan *Average Stay Time* yang relatif besar sehingga berpotensi menghambat aliran produksi. Hasil simulasi menunjukkan bahwa *Finish Forming* merupakan stasiun kerja yang paling kritis dengan tingkat utilisasi sebesar 60,51%, diikuti *Hand Forming* sebesar 60,44%. Kedua stasiun tersebut juga menunjukkan akumulasi *WIP* dan *Average Stay Time* yang lebih tinggi dibandingkan stasiun kerja lainnya, yang mengindikasikan bahwa laju kedatangan material melebihi kemampuan proses dalam menyelesaikan pekerjaan.

5.1.8 Perancangan Skenario Perbaikan

Pada langkah ini perancangan skenario perbaikan dilakukan dengan memodifikasi model simulasi pada stasiun kerja yang teridentifikasi sebagai *bottleneck* berdasarkan hasil analisis sebelumnya. Modifikasi difokuskan pada penyesuaian parameter kapasitas proses, jumlah operator atau *outsourcing* serta penambahan shift, pada proses yang mengalami penumpukan material, sehingga aliran produksi menjadi lebih seimbang. Seluruh skenario diterapkan pada model simulasi tanpa mengubah urutan proses produksi, kemudian dijalankan kembali untuk mengevaluasi pengaruhnya terhadap peningkatan *output* produksi dan penurunan *Work In Process (WIP)*



Gambar 5. 2 Perancangan Skenario Perbaikan

5.1.9 Skenario Perbaikan

Selanjutnya berdasarkan hasil analisis terhadap kondisi *existing*, diperlukan beberapa alternatif perbaikan untuk meningkatkan kapasitas sistem produksi sekaligus memenuhi target produksi yang telah ditetapkan. Alternatif perbaikan tersebut dirancang melalui penyesuaian jumlah operator dan pengaturan shift kerja, yang kemudian dituangkan ke dalam tiga skenario perbaikan sebagaimana disajikan pada Tabel 5.7.

Tabel 5. 7 Skenario Perbaikan

Skenario	Hand Forming	Finish Forming	Penambahan Shift	Keterangan
Existing	20	20	2	Kondisi Existing operator dan shift
Skenario 1	+8 → 48	+8 → 48	+1 → 3	Penambahan operator / outsourcing dan shift
Skenario 2	+16 → 36	+24 → 44	-	Penambahan operator / outsourcing
Skenario 3	+16 → 36	+16 → 36	+1 → 3	Penambahan operator / outsourcing dan shift

Berdasarkan Tabel 5.7, kondisi *existing* menunjukkan bahwa sistem produksi menggunakan 20 operator pada proses *Hand Forming*, 20 operator pada proses *Finish Forming*, dan 2 shift kerja. Untuk meningkatkan kapasitas produksi, disusun tiga alternatif skenario perbaikan. Skenario 1 menambah 8 operator/*outsourcing* pada *Hand Forming* sehingga menjadi 28 operator, 8 operator/*outsourcing* pada *Finish Forming* sehingga menjadi 28 operator, serta menambah 1 shift menjadi 3 shift. Skenario 2 menambah 16 operator/*outsourcing* pada *Hand Forming* menjadi 36 operator dan 24 operator/*outsourcing* pada *Finish Forming* menjadi 44 operator tanpa penambahan shift. Sementara itu, Skenario 3 menambah 16 operator/*outsourcing* pada masing-masing proses sehingga *Hand Forming* dan *Finish Forming* menjadi 36 operator, disertai penambahan 1 shift menjadi 3 shift. Ketiga skenario tersebut dirancang untuk meningkatkan kapasitas pada stasiun *bottleneck* guna meningkatkan *output* produksi dan mengurangi *Work In Process (WIP)*.

5.1.10 Skenario 1

Skenario 1 merupakan alternatif perbaikan awal untuk meningkatkan kapasitas pada stasiun kerja *Fitter Rubber Press*, khususnya proses *Hand Forming* dan *Finish Forming* yang teridentifikasi sebagai *bottleneck*, melalui penambahan masing-masing 8 operator atau tenaga *outsourcing* serta penambahan penerapan 1 shift menjadi 3 shift kerja. Konfigurasi perbaikan pada skenario ini disajikan pada Tabel 5.8.

Tabel 5. 8 Skenario 1

Skenario 1												
Indikator	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sep	Oct	Nov	Dec
Output	1140	1368	1292	1036	1920	2030	3781	1373	1980	2240	3328	2858
WIP Router	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
WIP Fiter Router	-	-	-	-	-	-	-	453	358	282	-	-
WIP Rubber Press	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
WIP Hand Forming	-	362	37	699	293	722	370	765	1071	1100	746	750
WIP Finish Forming	460	572	547	480	840	898	366	1233	872	598	300	756
WIP Heat Treatment	-	8	5	8	4	2	2	2	4	-	-	-

Berdasarkan Tabel 5.8, penerapan Skenario 1 menghasilkan peningkatan *output* produksi dibandingkan kondisi awal, dengan capaian *output* bulanan berada pada rentang 1.036–3.781 unit. Namun, peningkatan kapasitas tersebut belum sepenuhnya mengatasi permasalahan penumpukan *Work In Process (WIP)*, terutama pada proses *Hand Forming* dan *Finish Forming* yang telah teridentifikasi sebagai stasiun *bottleneck*. Nilai *WIP* pada kedua proses tersebut masih mengalami fluktuasi selama periode simulasi, sedangkan proses *Router* dan *Rubber Press* tidak menunjukkan adanya akumulasi material. Sementara itu, proses *Heat Treatment* memiliki tingkat *WIP* yang relatif rendah sehingga tidak memberikan pengaruh besar terhadap kelancaran aliran produksi.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa penerapan penambahan operator dan tiga shift kerja pada Skenario 1 mampu meningkatkan kapasitas produksi, tetapi belum optimal dalam mengurangi akumulasi material pada proses *Hand Forming* dan *Finish Forming*. Dengan demikian, diperlukan pengembangan skenario perbaikan lanjutan untuk memperoleh konfigurasi yang lebih efektif dalam meningkatkan *output* produksi sekaligus menurunkan jumlah *WIP* pada sistem produksi.

5.1.11 Skenario 2

Skenario 2 juga dirancang untuk meningkatkan kapasitas proses pada stasiun kerja pada *Fitter Rubber Press* yaitu *Hand Forming* dan *Finish Forming* yang teridentifikasi sebagai *bottleneck* melalui penambahan jumlah operator atau outsourcing pada *Hand Forming* 16 dan *Finish Forming* 24. Konfigurasi perbaikan yang diterapkan pada skenario ini disajikan secara rinci pada Tabel 5.10.

Tabel 5. 9 Skenario 2

Skenario 2												
Indikator	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Output	1600	2018	1881	1653	2912	3073	4519	3221	3005	3407	3328	3997
WIP Router	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
WIP Fiter Router	-	-	-	-	-	-	-	130	289	213		-
WIP Rubber Press	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
WIP Hand Forming	-	-	-	429	-	270	-	237	459	228	746	125
WIP Finish Forming	-	274	-	133	140	309	-	238	532	372	300	242
WIP Heat Treatment	-	13	-	18	5	-	-	-	-	-	-	-

Berdasarkan Tabel 5.9, penerapan Skenario 2 dilakukan dengan meningkatkan kapasitas tenaga kerja pada stasiun kerja kritis, yaitu *Fitter Rubber Press*, *Hand Forming* melalui penambahan 16 operator, dan *Finish Forming* sebanyak 24 operator. Perbaikan ini bertujuan untuk meningkatkan kapasitas proses, memperlancar aliran produksi, mengurangi akumulasi *Work In Process (WIP)*, serta mendukung pencapaian target produksi. Hasil simulasi menunjukkan peningkatan *output* dengan rentang capaian bulanan sebesar 1.600–4.519 unit, yang menunjukkan bahwa penambahan operator mampu meningkatkan kelancaran aliran material.

Secara teknis, penambahan tenaga kerja pada *Hand Forming* dan *Finish Forming* memberikan dampak positif terhadap peningkatan kapasitas produksi, namun belum sepenuhnya mampu memenuhi target produksi karena akumulasi *WIP* masih terjadi pada beberapa periode. Penumpukan material tertinggi masih ditemukan pada kedua proses tersebut, dengan nilai *WIP* maksimum sebesar 746 unit pada *Hand Forming* dan 532 unit pada *Finish Forming*.

5.1.12 Skenario 3

Pada Skenario 3, pencapaian target produksi sebesar 40.311 unit pada setiap bulan merupakan hasil dari penetapan target produksi sebagai batas keluaran (*production target constraint*) dalam model simulasi, yang disesuaikan dengan target produksi perusahaan. Dengan demikian, nilai 40.311 unit yang ditampilkan pada hasil simulasi bukan menunjukkan bahwa kapasitas produksi aktual secara otomatis selalu mencapai angka tersebut, melainkan menunjukkan bahwa model dirancang untuk memenuhi target produksi yang telah ditetapkan apabila kapasitas proses dan ketersediaan sumber daya memungkinkan. Penerapan kombinasi penambahan kapasitas tenaga kerja pada stasiun kritis *Fitter Rubber Press* (*Hand Forming* dan *Finish Forming*) masing masing 16 operator/*outsourcing* serta penambahan penerapan 1 shift kerja menjadi 3 shift. meningkatkan kapasitas proses sehingga target produksi perusahaan sebesar 40.311 unit dapat dipenuhi pada seluruh periode simulasi. Oleh karena itu, keseragaman pencapaian target pada setiap bulan merupakan konsekuensi dari penggunaan target perusahaan sebagai batas produksi dalam model, sedangkan kontribusi Skenario 3 ditunjukkan oleh kemampuan konfigurasi sumber daya yang diusulkan dalam menyediakan kapasitas yang memadai untuk memenuhi batas target tersebut. Rincian perubahan parameter pada Skenario3 disajikan pada Tabel 5.10.

Tabel 5. 10 Skenario 3

Skenario 3												
Indikator	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Output	1600	2310	1881	2223	3057	3652	4519	3826	4285	4220	4320	4364
WIP Router	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
WIP Fiter Router	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
WIP Rubber Press	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
WIP Hand Forming	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
WIP Finish Forming	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
WIP Heat Treatment	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Berdasarkan hasil simulasi pada Skenario 3, implementasi kombinasi penambahan kapasitas tenaga kerja melalui penambahan masing-masing 16 operator *outsourcing* pada proses *Fitter Rubber Press*, *Hand Forming* dan *Finish Forming*, serta penerapan sistem kerja 1 shift menjadi 3 shift, mampu meningkatkan kapasitas produksi secara signifikan pada stasiun kerja yang sebelumnya menjadi *bottleneck*. Perbaikan tersebut meningkatkan kelancaran aliran material antarproses sehingga tidak terjadi penumpukan *Work In Process (WIP)* pada seluruh stasiun kerja, yang ditunjukkan dengan nilai *WIP* sebesar 0 pada setiap periode pengamatan.

Dampak perbaikan tersebut terlihat pada peningkatan *output* produksi yang mampu memenuhi target perusahaan di setiap bulan, dengan capaian *output* berkisar antara 1.600 hingga 4.519 unit sesuai variasi kebutuhan produksi tahunan. Hasil ini menunjukkan bahwa kombinasi peningkatan kapasitas tenaga kerja dan waktu operasional merupakan alternatif perbaikan yang paling efektif dalam mengatasi *bottleneck*, menyeimbangkan aliran proses produksi, serta memastikan target produksi dapat dicapai secara optimal.

5.1.13 Perbandingan Hasil Simulasi

Setelah dilakukan simulasi pada kondisi aktual serta Skenario 1, Skenario 2, dan Skenario 3, selanjutnya dilakukan perbandingan hasil untuk mengevaluasi efektivitas masing-masing usulan perbaikan terhadap kinerja sistem produksi. Evaluasi dilakukan berdasarkan indikator *output* produksi, utilisasi, *bottleneck*, *Work In Process (WIP)*, dan pencapaian target produksi. Hasil perbandingan secara keseluruhan disajikan pada Tabel 5.11 untuk menentukan skenario yang paling efektif dalam meningkatkan kinerja produksi pada area *Sheet Metal* Departemen *Detail Part Manufaktur (DPM)* PT Dirgantara Indonesia.

Tabel 5. 11 Perbaikan Simulasi

Bulan	Target Produksi	Existing		Skenario 1		Skenario 2		Skenario 3	
		Output	WIP	Output	WIP	Output	WIP	Output	WIP
Jan	1600	688	912	1140	460	1600	0	1600	0
Feb	2310	836	1474	1368	942	2310	0	2310	0
Mar	1881	756	1125	1292	589	1881	0	1881	0
Apr	2223	663	1560	1036	1187	1653	570	2223	0
May	3057	1169	1888	1920	1137	2912	145	3057	0
Jun	3652	1228	2424	2030	1622	3073	579	3652	0
Jul	4519	1850	2669	3781	738	4519	0	4519	0
Aug	3826	1294	2532	1373	2453	3221	605	3826	0
Sep	4285	1204	3081	1980	2305	3005	1280	4285	0
Oct	4220	1364	2856	2240	1980	3407	813	4220	0
Nov	4374	2010	2364	3328	1046	3328	1046	4374	0
Dec	4364	1767	2597	2858	1506	3997	367	4364	0

Berdasarkan Tabel 5.11, kondisi *existing* menghasilkan total *output* sebanyak 14.829 unit dari target 40.311 unit atau hanya mencapai 36,79%, dengan total *WIP* sebesar 25.482 unit. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem produksi masih mengalami ketidakseimbangan kapasitas sehingga terjadi *bottleneck* yang menyebabkan tingginya penumpukan material dan rendahnya *throughput*.

Pada Skenario 1, total *output* meningkat menjadi 24.346 unit, bertambah 9.517 unit atau 60,90% dibandingkan kondisi *existing*. Persentase pencapaian target meningkat menjadi 60,39%, sedangkan total *WIP* turun menjadi 15.965 unit, berkurang 9.517. Hasil ini menunjukkan bahwa perbaikan yang dilakukan mampu mengurangi *bottleneck*, namun kapasitas sistem masih belum mampu memenuhi target produksi secara keseluruhan.

Selanjutnya, Skenario 2 menghasilkan peningkatan yang lebih signifikan dengan total *output* sebesar 34.906 unit, meningkat 20.077 unit, sehingga tingkat pencapaian target mencapai 86,59%. Di sisi lain, total *WIP* turun menjadi 5.405 unit, berkurang 20.077 unit. Penurunan *WIP* tersebut menunjukkan bahwa aliran produksi menjadi lebih seimbang dan sebagian besar *bottleneck* telah berhasil dikurangi.

Hasil terbaik diperoleh pada Skenario 3, dimana total *output* mencapai 40.311 unit atau 100% dari target produksi. Dibandingkan kondisi *existing*, *output* meningkat sebesar 25.482 unit atau 171,84%. Selain itu, seluruh nilai *WIP* berhasil dihilangkan (0 unit) sehingga terjadi penurunan *WIP* sebesar 100%. Kondisi ini menunjukkan bahwa kapasitas pada setiap stasiun kerja telah seimbang sehingga aliran material berlangsung secara kontinu tanpa penumpukan maupun antrian yang signifikan.

Secara keseluruhan, hasil perbandingan menunjukkan bahwa setiap skenario memberikan peningkatan kinerja dibandingkan kondisi *existing*. Namun, Skenario 3 merupakan alternatif terbaik karena mampu mencapai target produksi secara penuh sekaligus menghilangkan seluruh penumpukan *WIP*. Hal ini menunjukkan bahwa usulan perbaikan pada skenario tersebut paling efektif dalam mengatasi *bottleneck*, meningkatkan *throughput*, serta memperlancar aliran produksi pada area *Sheet Metal Departemen Detail Part Manufaktur (DPM)* PT Dirgantara Indonesia.

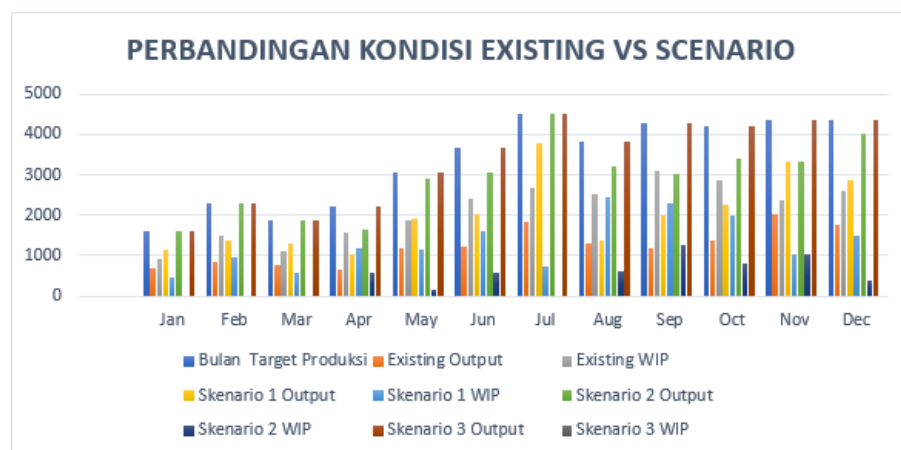
5.2 Pembahasan Hasil Penelitian

Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan, diketahui bahwa penyebab utama belum tercapainya target produksi adalah adanya ketidakseimbangan kapasitas antar stasiun kerja yang mengakibatkan terbentuknya *bottleneck*. Kondisi tersebut menyebabkan aliran material tidak berjalan secara optimal, sehingga terjadi penumpukan *Work In Process (WIP)*, meningkatnya waktu tunggu, dan menurunnya kelancaran proses produksi. Hasil analisis menunjukkan bahwa proses *Fitter Rubber Press Hand Forming* dan *Finish Forming* merupakan stasiun kerja yang menjadi pembatas kapasitas sistem, sehingga kinerja produksi secara keseluruhan sangat dipengaruhi oleh kedua proses tersebut..

Permasalahan tersebut adanya *bottleneck* pada sistem produksi teridentifikasi berada pada stasiun kerja *Fitter Rubber Press Hand Forming* dan *Finish Forming*. Lalu identifikasi didasarkan pada tingginya tingkat utilisasi, terjadinya akumulasi *Work In Process (WIP)*, serta lamanya *Average Stay Time* dibandingkan stasiun kerja lainnya. Kondisi ini menunjukkan bahwa kapasitas kedua stasiun kerja belum mampu mengimbangi laju kedatangan material, sehingga menyebabkan antrian pada proses sebelumnya dan membatasi laju keluaran (*throughput*) sistem secara keseluruhan. Hasil tersebut sejalan dengan teori *Theory of Constraints (TOC)* yang menyatakan bahwa kinerja suatu sistem ditentukan oleh sumber daya yang memiliki kapasitas paling terbatas (*constraint*).

Hasil simulasi juga menunjukkan bahwa utilisasi tertinggi terjadi pada stasiun kerja *Fitter Rubber Press Hand Forming* dan *Finish Forming*, yang mengindikasikan bahwa kedua proses bekerja mendekati kapasitas maksimum dan menjadi pembatas keluaran sistem. Sebaliknya, beberapa stasiun kerja setelah proses tersebut memiliki utilisasi yang lebih rendah akibat aliran material yang tidak stabil. Ketidakseimbangan utilisasi ini menunjukkan bahwa distribusi beban kerja antar stasiun belum optimal sehingga memengaruhi kelancaran proses produksi.

Berdasarkan hasil evaluasi, penerapan skenario perbaikan menunjukkan adanya peningkatan kapasitas pada stasiun kerja yang teridentifikasi sebagai *bottleneck*. Perbaikan tersebut berdampak pada berkurangnya akumulasi *Work In Process* (WIP), waktu tunggu, serta kelancaran aliran material, sehingga kinerja sistem produksi menjadi meningkat dan mendukung pencapaian target produksi. Perbandingan hasil kondisi *existing* dengan masing-masing skenario perbaikan secara keseluruhan dapat dilihat pada grafik berikut.



Gambar 5. 3 Perbandingan Kondisi Existing Vs Skenario

Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa skenario perbaikan yang difokuskan pada penyesuaian kapasitas di stasiun kerja *Fitter Rubber Press Hand Forming* dan *Finish Forming*, merupakan alternatif yang paling efektif karena mampu mengatasi kendala pada proses yang menjadi pembatas kapasitas sistem tanpa memerlukan perubahan secara menyeluruh pada lini produksi. Temuan ini sejalan dengan penelitian terdahulu yang menerapkan simulasi menggunakan *FlexSim*, yang menyatakan bahwa simulasi merupakan pendekatan yang efektif dalam mengevaluasi berbagai alternatif perbaikan sebelum diimplementasikan pada sistem produksi aktual. Oleh karena itu, penerapan simulasi pada penelitian ini berhasil menghasilkan usulan perbaikan yang tepat sasaran dalam meningkatkan kinerja sistem produksi sekaligus memastikan target produksi perusahaan dapat dicapai.