

Rancangan Otomasi Clamping Griper Produk Body Caliper dengan Prinsip 6DOF

Design Clamping Griper Automation Products Body Caliper with 6DOF principle

Herry Patria¹, Nana Juhana², Indra Nurwinanto³, Ghany Heryana⁴, Dianta Mustofa Kamal⁵

¹²³⁵Program Studi Magister Terapan Rekayasa Teknologi Manufaktur, Politeknik Negeri Jakarta, Depok.

⁴Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Wastukencana Purwakarta

¹herry.patria.tm22@mhs.w.pnj.ac.id, ²Nana.Juhana.tm22@mhs.w.pnj.ac.id, ³indra.nurwinanto.tm22@mhs.w.pnj.ac.id,

⁴Ghany@wastukencana.ac.id, ⁵dmustofak@gmail.com

Corresponding author : herry.patria.tm22@mhs.w.pnj.ac.id

Abstrak

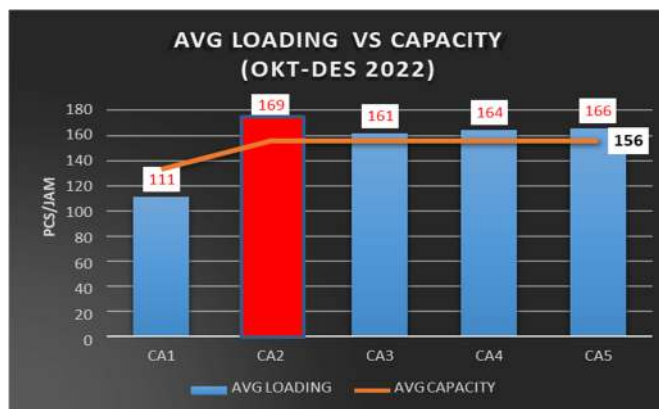
PT.XYZ mengalami ketidak seimbangan beban dengan kapasitas produksi line caliper 2 dengan selisi produksi 13 pcs/jam. Selisi siklus waktu saat ini terhadap waktu selesai proses adalah sebesar 2.1 detik data ini sesuai dengan laporan produksi line assy caliper 2. Selisi ini terjadi akibat proses clamping griper masih dilakukan secara manual akibatnya banyak waktu Muda (sia-sia) pada proses tersebut. Sering terjadi produk terjatuh , susah dipasang dan dilepaskan sehingga berakibat proses jadi tertunda selama 2,1 detik laporan ini terlihat pada grafik pemantauan masalah line produksi assy caliper 2. Dengan konsep melakukan penelitian lapangan produksi langsung kemudian menganalisa karakteristik proses produksi diharapkan masalah yang terjadi dapat dicarikan solusi untuk menghilangkan waktu Muda (Sia-sia). Dari hasil penelitian ini membuktikan bahwa memodifikasi jig & fixture dengan pendekatan prinsip "6 derajat kebebasan (6DOF)" dapat menghilangkan gap produksi pada line assy caliper 2 sebesar 2,1 dtk atau 13 pcs /jam dengan cara merubah proses produksi manual menjadi Otomasi dan membuat jig & fixture pencekam benda kerja yang peneliti sebut Chuki-chuki Otomasi. Hasilnya setelah dirubah system manual ke otomasi dengan menggunakan Chuki-Chuki pencekam proses pemasangan dan pelepasan caliper di line assy dapat dihilangkan sehingga bisa mengurangi waktu 1,5 dtk waktu pasang dan lepas produk caliper.

PT. XYZ experienced load imbalance with the production capacity of caliper line 2 with a production gap of 13 pcs / hour. The current cycle time difference to the process completion time is 2.1 seconds, this data is according to the line assy caliper 2 production report. This gap occurs due to the clamping griper process is still done manually as a result of a lot of young time (wasted) in the process. It often happens that the product is dropped, difficult to install and remove, resulting in the process being delayed for 2.1 seconds This report is seen on the monitoring chart of the problem of the assy caliper 2 production line. With the concept of conducting research in the field of direct production then analyzing the rubberistics of the production process, it is hoped that the problems that occur can be found solutions to eliminate young time (in vain). From the results of this study proves that modifying jigs & fixtures with the principle approach of "6 degrees of freedom (6DOF)" can eliminate the production gap in line assy caliper 2 by 2.1 sec or 13 pcs / hour by changing the manual production process into Automation and making jig & fixture gripping workpieces which researchers call Chuki-chuki Automation. As a result, after changing the manual system to automation using Chuki-Chuki, the process of installing and removing the caliper in the line assy can be eliminated so that it can reduce the time of 1.5 sec install and release caliper products.

Keywords: *Clamping, 6DOF*

1. Pendahuluan

PT.XYZ merupakan perusahaan multinasional yang bergerak dibidang pembuatan komponen otomotive kendaraan roda 2 dan roda 4. Seiring perkembangan yang terjadi di dunia otomotive setelah pandemi covid 19 sales order meningkat 200%. Hal ini menuntut PT.XYZ harus meningkatkan hasil produksi untuk memenuhi sales order dari customer dengan melakukan percepatan dan Efisiensi proses produksi . Masalah ketidak balance proses produksi PT.XYZ di line assy caliper 2 antara beban dengan kapasitas mengakibatkan produksi line assy caliper 2 ada selisi 13 pcs/jam dengan line produksi yang lain selisi siklus waktu saat ini terhadap total waktu proses adalah sebesar 2.1 detik data ini sesuai dengan laporan produksi line assy caliper 2. Hal ini dapat berdampak menurunnya performance produksi line assy caliper 2 dengan banyaknya terjadi waktu Muda (sia-sia) dan juga terhadap pemenuhan sales order yang meningkat.



Gambar 1. Data Produksi Avg Loading Vs Capacity PT.XYZ

Masalah ini belum diselesaikan dari penelitian lain

Berdasarkan pengkajian jurnal-jurnal penelitian sebelumnya terhadap perubahan system produksi dengan loading dan unloading manual dirubah menjadi system Otomasi dengan pendekatan 6 derajat kebebasan (6DOF) yang sudah dilakukan oleh para peneliti sebelumnya ;

Peneliti melakukan perancangan dengan melihat bagaimana Penggunaan welding fixture dapat meningkatkan kenyamanan dan keselamatan operator pada saat mengelas pelat. [1]

Peneliti melakukan Analisa penggunaan mesin selotip semi otomatis dirubah menjadi mesin otomatis dengan penambahan jig dan fixture dengan target percepatan proses produksi untuk peningkatan kapasitas produksi. [2]. Produktivitas pada lini perakitan Crash Stop meningkat setelah dilakukan penggantian mesin pada lini perakitan dari mesin otomatis sebagian menjadi mesin otomatis penuh dengan penambahan jig dan fixture. [3]. Peneliti merancang Jig dan fixture untuk digunakan pada proses painting part wheel ornament dan melakukan design requirement dari perusahaan dapat memenuhi dari aspek fungsi, kualitas, jig storage, geometri, handling, maintenance, proses manufaktur dan biaya pembuatannya[4]. Peneliti melakukan design dengan pendekatan pada proses manufaktur agar dapat meningkatkan kinerja produksi yang berdampak pada produktivitas produksi, sehingga menghindari pemborosan sumber daya[5]. Peneliti melakukan perancangan jig fixture suction casing menggunakan software fusion 360 dengan menggunakan metode Ulrich sebagai acuan dalam merancang jig fixture sesuai kebutuhan [6]. Peneliti melakukan Studi perbandingan waktu untuk operasi pemasangan saku rok lengan menggunakan jig dan Tanpa jig. Ditemukan bahwa waktu siklus rata-rata untuk penyelesaian selongsong Placket lebih rendah dan ini tergantung dari tingkat keterampilan operator jahit menggunakan jig tersebut[7]. Peneliti melakukan design dan Analisa Jig dan fixture untuk penggunaan pada proses produksi dapat merubah system manual ke semi otomatis dalam membant dan memudahkan penanganan pekerjaan dengan menghilangkan penyisipan manual ke semi-otomatis [8]. Keunikan proyek ini diakreditasi oleh fleksibilitas atau kemampuan fixture untuk proses pengelas suspensi A-Rams dari setiap kendaraan penumpang pada industri mobil atau otomotive[9]. Peneliti melakukan perancangan jig dan fixture pada posisi benda kerja dalam keadaan seimbang atau gaya yang diterima oleh lokator dapat menahan gaya berat dari benda kerja. Pada tahap pengecekan ini setiap lokator diuji apakah terjadi kontak dengan benda kerja selama tahap pengecekan[10]. Makalah ini menyajikan kemajuan peneliti dalam bentuk program add-in interaktif untuk menemukan bagian. Program ini menghasilkan perlengkapan modular untuk menemukan bagian prismatic atau silinder, menggunakan aturan dan persamaan matematika. Penggunaannya dapat mempersingkat waktu yang dibutuhkan untuk menentukan jenis dan posisi setiap modul fixture[11]. Penelitian ini bertujuan untuk mengusulkan desain konseptual modular fixture yang dapat mengintegrasikan proses pengelasan dan pengeboran[12].

Tujuan penelitian ini dapat menghilangkan gap atau selis hasil produksi line CA2 dari 13 pcs/jam menjadi 0 pcs/jam dengan melakukan system otomasi chaku-chaku dengan menggunakan pendekatan metode 6DOF.

2. Landasan Teori

Jig dan Fixture

Jig dan fixture adalah piranti pemegang benda kerja produksi yang digunakan dalam rangka membuat penggandaan komponen secara akurat. Hubungan dan kelurusan yang benar antara alat potong atau alat bantu lainnya, dan benda kerja mesti dijaga. Untuk melakukan ini maka dipakailah jig atau fixture

yang didesain untuk memegang, menyangga dan memposisikan setiap bagian sehingga setiap pengeboran, pemesinan dilakukan sesuai dengan batas spesifikasi.

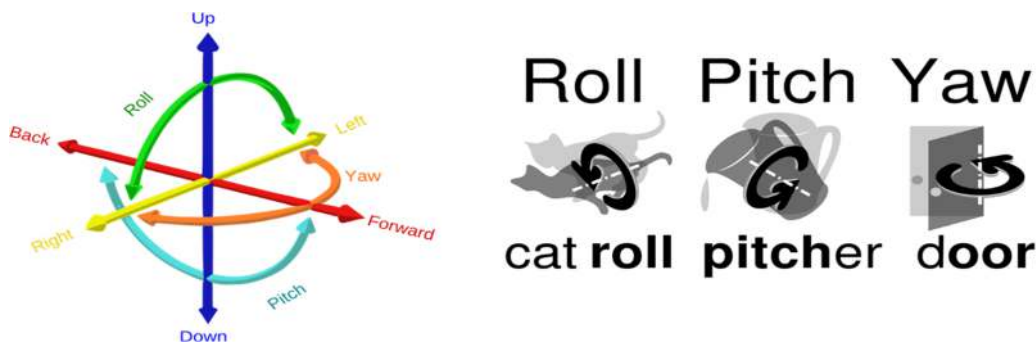
Jig didefinisikan sebagai piranti/peralatan khusus yang memegang, menyangga atau ditempatkan pada komponen yang akan dimesin. Alat ini adalah alat bantu produksi yang dibuat sehingga ia tidak hanya menempatkan dan memegang benda kerja tetapi juga mengarahkan alat potong ketika operasi berjalan. Jig biasanya dilengkapi dengan bushing baja keras untuk mengarahkan mata gurdi/bor (drill) atau perkakas potong lainnya. Pada dasarnya, jig yang kecil tidak dibaut/dipasang pada meja kempa gurdi (drill press table). Namun untuk diameter penggurdian diatas 0,25 inchi, jig biasanya perlu dipasang dengan kencang pada meja.

Fixture adalah peralatan produksi yang menempatkan, memegang dan menyangga benda kerja secara kuat sehingga pekerjaan pemesinan yang diperlukan bisa dilakukan. Blok ukur atau feeler gauge digunakan pada fixture untuk referensi/setelan alat potong ke benda kerja. Fixture harus dipasang tetap ke meja mesin dimana benda kerja diletakkan.[6]

Six Degree of Freedom (6DOF)[13]

Enam derajat kebebasan (6DOF) mengacu pada enam derajat mekanis kebebasan bergerak benda kaku dalam ruang tiga dimensi. Secara khusus, tubuh bebas untuk mengubah posisi Fungsi maju / mundur (lonjakan), atas / bawah (heave), bergoyang kiri / kanan dalam tiga sumbu tegak lurus, dikombinasikan dengan perubahan orientasi melalui rotasi sekitar tiga sumbu tegak lurus, sering disebut yaw (sumbu normal), pitch (sumbu melintang), dan roll (sumbu longitudinal).

Tiga derajat kebebasan (3DOF), istilah yang sering digunakan dalam konteks realitas virtual, biasanya mengacu pada pelacakan gerakan rotasi saja: pitch, yaw, dan rol.



Gambar 2. 6 DOF [13]

Prinsip 3-2-1 lokasi Roll: Bobbling dari sisi ke sisi

Sebuah Workpiece, sama seperti benda padat bebas lainnya, memiliki enam derajat kebebasan (peneliti yang sama telah merujuk ini ke dua belas derajat kebebasan dengan mempertimbangkan gerakan +/- di setiap kategori). Untuk locating perlu untuk menangkap semua gerakan enam derajat kebebasan ini untuk memastikan stabilitas mekanis.

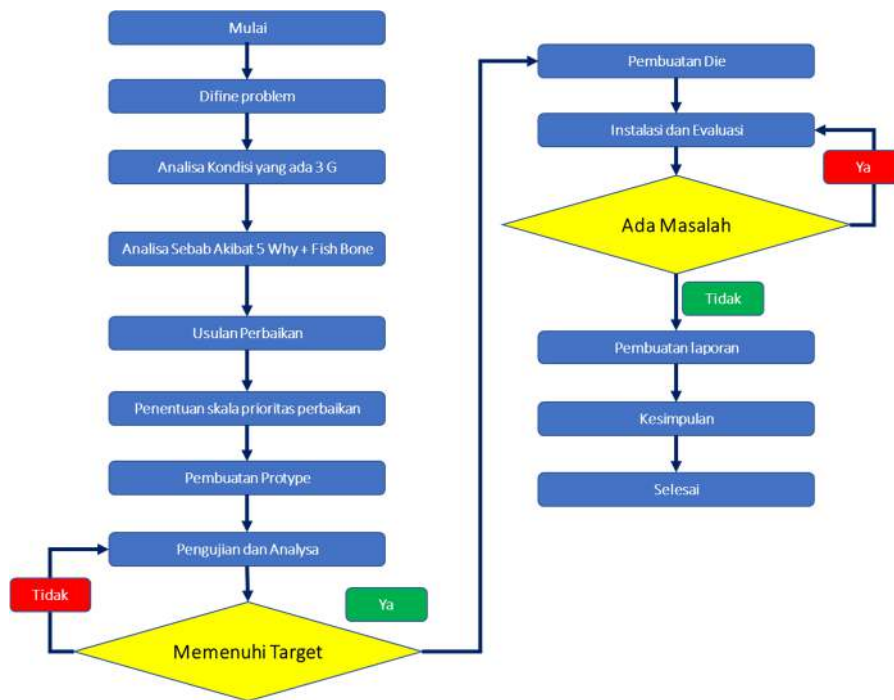
- Locator kesatu di bidang 1 akan menangkap gerakan linier di sepanjang sumbu X.
- Locator kedua di bidang yang sama akan menangkap gerakan putar di sekitar sumbu Z.
- Locator Ketiga yang ditempatkan di bidang yang sama akan menangkap gerakan putar di sekitar sumbu Y. Menambahkan satu pencari lagi di pesawat 1 tidak akan melayani tujuan apa pun.
- Jadi locator keempat ditempatkan di bidang 2 yang tegak lurus dengan bidang1. Ini akan membatasi gerakan linier di sepanjang sumbu Y.
- Locator kelima ditempatkan di bidang 2 yang dapat menahan gerakan rotasi sekitar sumbu X
- Locator keenam ditempatkan di pesawat 2 Tidak akan melayani tujuan apa pun

Jadi keenam locator isi ditempatkan di bidang 3 yang tegak lurus kedua bidang 1 dan 2. Ini akan menangkap gerakan linier sepanjang sumbu Z,

3. Methode Penelitian

Diagram Aliran Proses penelitian

Dalam melakukan penelitian dibuat diagram alir proses penelitian dengan tahap seperti ditunjukkan pada seperti gambar dibawah ini :



Gambar.3. Flow Char Proses penelitian

Tahapan perancangan Otomasi

Perancangan sistem dimulai dengan :

1. Mengidentifikasi konsep sistem otomasi yang diinginkan menggunakan perancangan dan pengembangan produk.
2. Perencanaan elemen kerja usulan, perancangan jig, perancangan clamping, perancangan positioning, perancangan stopper dan perancangan pergerakan hidrolik.

Penentuan konsep terpilih :

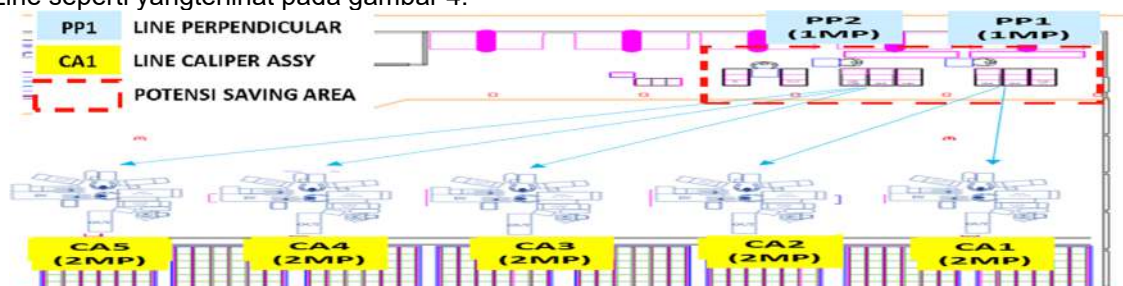
Tahapan perancangan dan pengembangan produk terdiri dari identifikasi kebutuhan, penentuan spesifikasi produk, penyusunan konsep, penyaringan konsep dan penilaian konsep

Perancangan jig :

Dalam mendesain jig, gambar dari jig terletak pada langkah terakhir dalam prosesnya. Urutannya adalah pengalokasian, pengkleman (pencekaman), penyokongan, penggunaan petunjuk alat potong, dan akhirnya penggambaran fixture sebagai kemasan yang menggabungkan langkah-langkah sebelumnya

4. Proses Penelitian dan Pembahasan

Dalam situasi pandemic ini, pimpinan PT.XYZ memberikan arahan bahwa proses perpendicular harus bisa dimasukkan ke line assy caliper 2 sehingga tidak ada lagi proses perpendicular di luar Line seperti yang terlihat pada gambar 4.



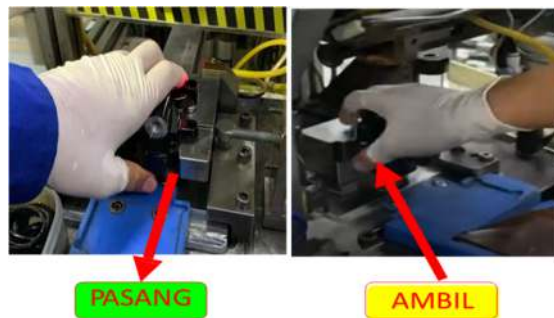
Gambar.4 Line Produksi Caliper Assy PT.XYZ

Selama ini Proses perpendicular di support dari luar main line produksi assy caliper dan ini berdampak terjadinya ketidak balance loading vs capacity .Benefit apabila proses perpendicular dimasukkan kedalam main line assy caliper seperti terlihat pada gambar 5



Gambar 5. Benefit vs Tantangan proses perpendicular dimasukkan kedalam main line assy

Silisi Siklus waktu saat ini diatas Watu ambil selesai proses sebesar 2.1 detik. Jika proses perpendicular proses ditambahkan di line assy caliper 2 maka selisi siklus waktu akan bertambah menjadi 4.1 detik estimasi proses hand work perpendicular sebesar 2 detik. Salah satu penyebab terjadinya Selisi pada proses assy caliper adalah proses pemasangan dan upengambilan yaitu Pasang Produk ke jig dan ambil produk dari jig secara manual. seperti yang terlihat pada gambar 6 dibawah ini.

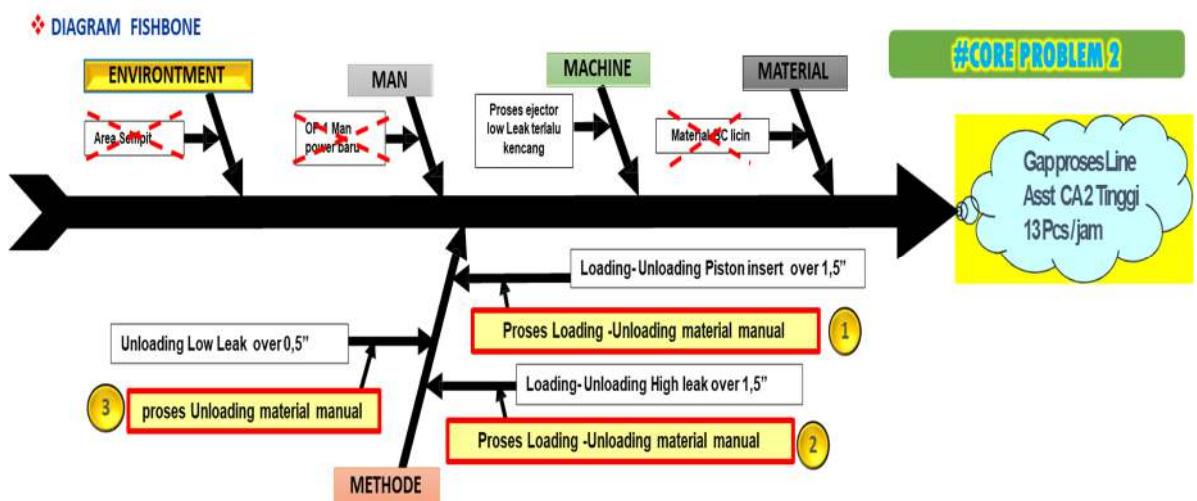


Gambar 6. Proses loading dan unloading

Root Cause dan Analisis

Dalam melakukan analisa peneliti menggunakan methode 4M+1E yang mana ini dikaitkan dengan teory Root Cause Analisis dengan 5 way analisis untuk mendapatkan apa yang jadi akar masalah dari masalah besar yang sedang peneliti hadapi .

Jadi akar masalah dari problem gap line assy calipe 2 seperti yang terlihat pada gambar 7.





Gambar 7. Diagram analisa Tulang Ikan

Dari analisis menggunakan tulang ikan dengan metode pendekatan 4M+1E dan 5 Way analysis maka didapat akar penyebab masalah adalah proses pasang dan ambil produk manual yang mengakibatkan adanya selisih hasil produksi 13 pcs/jam.

Ide perbaikan dan Alternatif solusi

Untuk mengatasi masalah yang ada diambil langkah-langkah ide perbaikan dan alternatif solusi antara lain ;

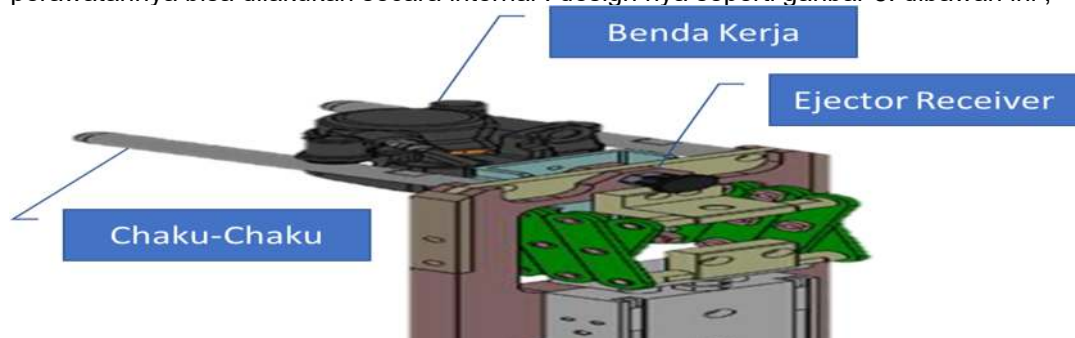
1. Auto Chaku-chaku :
Solusi ini melakukan design jig & fixter untuk pencengkaman material dan dapat digabungkan dengan sistem otomatis hidrolis dengan sistem solenoid valve
 2. Ejector dan Catcher karakuri High Leak
Solusi ini dengan menambahkan sistem Ejector pada jig yang lama dan menggunakan sistem karakuri (Grafitasi system no energi power) hanya saja masih ada tambahan handling manual pada akhir proses
 3. Relayout line assy caliper 2
Solusi ini membutuhkan eport yang besar dan biaya yang juga cukup besar hasil yang didapat juga tidak dapat maksimal karena proses yang dilakukan masih sama loading dan unloading masih manual hanya lokasinya saja yang didekatkan
 4. Shutter karakuri sub assy
Solusi ini juga hampir sama dengan solusi ke 2 menggunakan shutter karakuri hanya saja tidak menggunakan ejector dan proses berikutnya masih manual
- Dengan mempertimbangan ke empat ide diatas dengan menggunakan diagram benefit vs cost maka peneliti memilih perbaikan dengan automation chaku-chaku.

Design dan Perancangan Prototipe

Dalam perancangan prototipe automasi chaku-chaku peneliti melihat 2 ide solusi yang akan dilakukan antara lain ;

1. Auto Chaku" with Ejector & Receiver

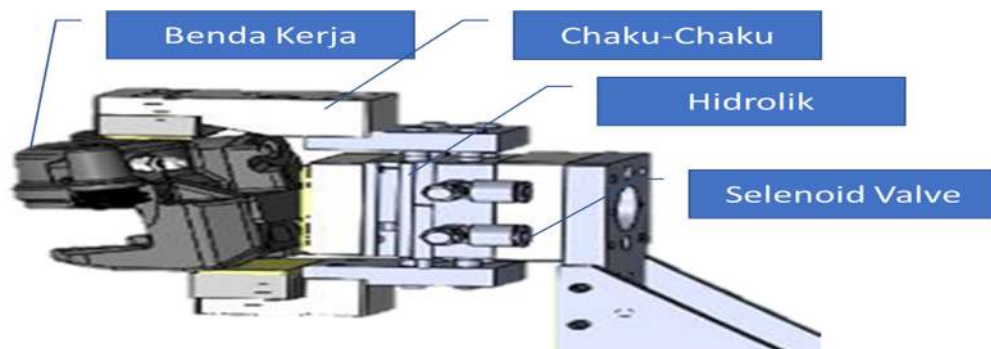
Perancangan ini di estimasi akan selesai dalam periode 30 hari dengan biaya 60 jt . Untuk ketersediaan material untuk membuat jig & fixture nya sudah tersedia dan sistem perawatannya bisa dilakukan secara internal . design nya seperti gambar 8. dibawah ini ;



Gambar . 8. Auto Chaku" with Ejector & Receiver

2. Auto Chaku" with Gripper

Perancangan ini di estimasi akan selesai dalam periode 10 hari dengan biaya 50 jt . Untuk ketersediaan material untuk membuat jig & fixture nya sudah tersedia dan sistem perawatannya bisa dilakukan secara internal . design nya seperti gambar 9 dibawah ini ;



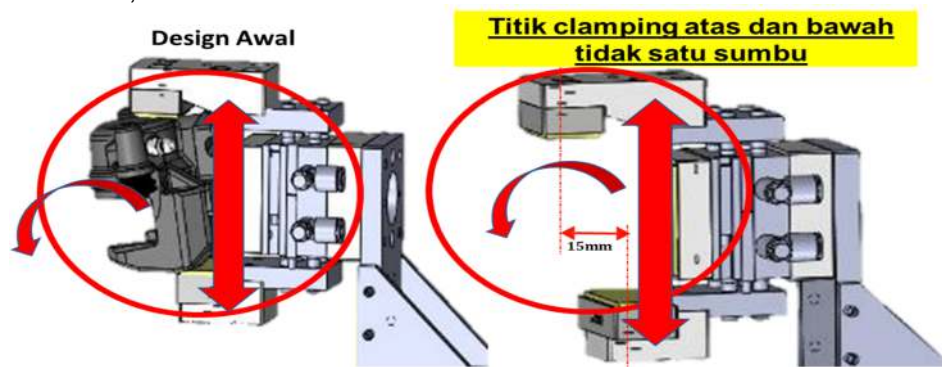
Gambar. 9. Auto Chaku" with Gripper

Melihat 2 rancangan dan design ini peneliti melihat design ke 2 yang paling mungkin untuk di eksekusi dengan melihat cost yang lebih murah dan design yang lebih simple sehingga design yang ke akan dilakukan eksekusi untuk menyelesaikan masalah yang ada.

Action Perbaikan

Design Awal:

Posisi peletakan material masih bisa bergeser kearah depan karena tumpuan sebagai datum tidak ada karena Titik Clamping atas dan bawah tidak satu sumbu ada Gap 15 mm. Menurut prinsip 6 degree of freedom bahwasannya dari gambar tersebut benda akan ke depan dan bergerak ke bawah sehingga pencekaman yang ada masih kurang, untuk itu diperlukan tambahan penahan material agar tidak bergerak kedepan dan kebawah seperti terlihat gambar 10 dibawah ini ;



Gambar 10 . Design chaku-chaku awal

Gaya pencekaman yang di berikan terdiri dari satu arah, yaitu pencekaman yang pencekaman yang mengarah pada sumbu X. dilihat dari besar gaya yang ditimbulkan oleh pencekaman, arah pencekaman yang saling tegak lurus dengan sumbu X menimbulkan gaya pencekaman yang kurang besar untuk menmengang benda kerja , karena clamping ini terdiri dari 2 (dua) Chaku action clamp yang dirakit bersamaan pada sebuah komponen lain untuk pencekaman hanya pada sumbu X, sehingga memungkinkan untuk digerakan bersamaan. Dengan menggunakan persamaan rumus sbb ;

$$\text{Gaya Pencengkaman (Clamping Force)} = \frac{(\text{Cutting Force}) (\text{Faktor Safety})}{\mu_o (\text{Koefisen Gesek Statis})} \dots (1)$$

$$\text{Gaya (lb.)} = \text{Tekanan (lb/in}^2\text{)} \times \text{Luas Proyeksi (in}^2\text{)} \dots (2)$$

Poros menerima gaya sebesar N ketika poros tersebut berada dalam keadaan diam, karena pada saat dilakukan pemrosesan, baseplate tersebut akan dikunci sehingga pergerakan rotasi pada fixture dapat diredam. Besar diameter poros yang di sarankan untuk estimasi beban sebesar 1 kg dapat diselesaikan dengan persamaan (3) .

$$d_s = [10,2 / 9a \{M1\}]^{1/2} \dots (3)$$

$$M = \text{Beban} \times \text{Jarak (mm)} \dots (4)$$

Persama Hukum III Newton

"Untuk setiap gaya aksi, akan selalu terdapat gaya reaksi yang sama besar dan berlawanan"

$$\text{Gaya Gesek } F_g = \mu \times N \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan:

- F_g : Gaya gesek (N)
- μ : koefisien gesekan
- N : gaya normal (N)

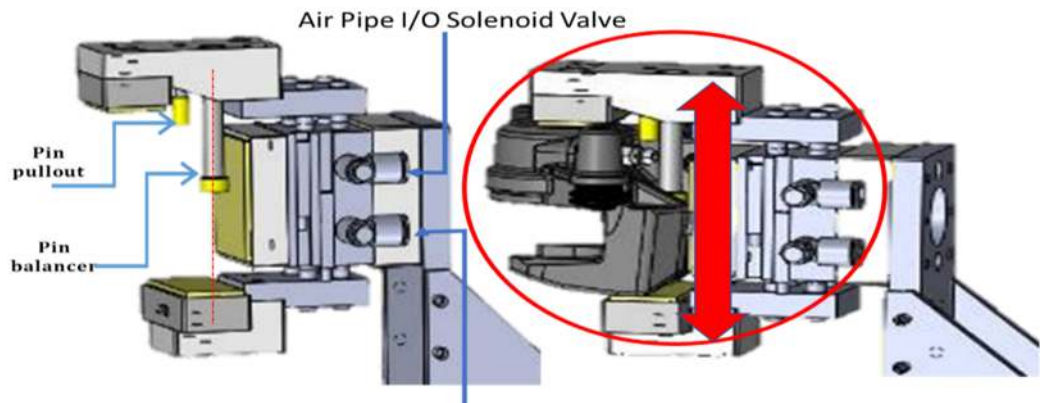
$$\text{Gaya berat } W = m \times g \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan:

- W : Gaya berat (N)
- m : massa benda (kg)
- g : gravitasi bumi (m/s^2)

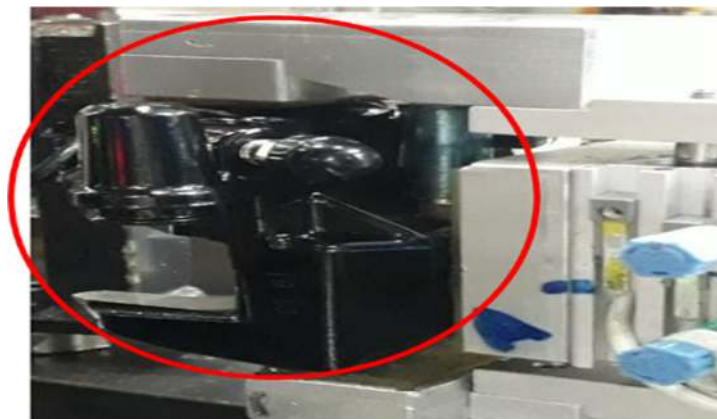
Design ini lakukan 100 kali percobaan dengan tingkat kegagalan 100 % benda kerja / produk jatuh dan dapat mengakibatkan produk not good (NG)

Design akhir ; Penambahan Pull out dan Balancer Pin pada griper untuk menghindari terjadinya 6DOF (benda bergerak dan Goyang kearah depan) seperti gambar 11 .



Gambar 11 . Design Akhir

Design dilakukan 100 kali percobaan dan tidak ada benda kerja yang jatuh seperti yang terlihat pada gambar 12 berikut ;



RESULT: Califer tidak Melejit

Gambar 12. Actual Posisi benda kerja saat proses Chaku-chaku

5. Kesimpulan dan Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Gap antara loading vs capacity tidak terjadi selisi dari 13 pcs /jam menjadi nol sesuai dari laporan dari line produksi assy CA 2
2. Proses loading dan unloading bisa dihilangkan sehingga bisa menghemat waktu 2,1 dtk/pcs dengan system automation chaku-chaku
3. Menghilangkan efek 6DOF dari jig & fixture yang dibuat sehingga menghilangkan efek benda akan Roll , Pitch dan Yaw.
4. Menghilangkannya benda terjatuh dan berpotensi produk jadi cacat atau produk not good

Peneliti juga memberikan saran dalam penyempurnaan alat yang dibuat :

1. Pada posisi jatuhnya produk dibuatkan shutter atau pengarah untuk menghindari produk cacat
2. Dibuatkan system anti salah sebagai verifikasi posisi produk saat di cekam
3. Ditentukan waktu predictive untuk perawatan dan penggantian toolingnya

6. Daftar Pustaka

- [1] I. Yusuf, "Desain dan Pembuatan Welding Fixture untuk Pengelasan Pelat A-17 A-18," vol. 6, no. 1, pp. 17–21, 2022.
- [2] F. T. Putri, G. Luthfiansyah, R. T. Indrawati, B. Prasetyo, and S. Priyoatmojo, "Analisa Efek Otomatisasi Proses terhadap Kapasitas Produksi dengan Studi Kasus Mesin Selotip Semi Otomatis di Industri Pengemasan Farika Tono Putri dkk / Jurnal Rekayasa Mesin," vol. 16, no. 2, pp. 286–297, 2021.
- [3] Q. Nurlaila, "Peningkatan Produktivitas Pada Lini Perakitan Stopper Crash Stop Dengan Otomatisasi Mesin Produksi," vol. 5, no. 1, pp. 158–166, 2022.
- [4] P. M. Astra, H. Sudarmaji, P. M. Astra, and I. Pendahuluan, "DESEMBER 2018 PERANCANGAN POSITIONER UNIT PADA AUTOMATION FORGING LINE MENGGUNAKAN METODE DIETER DAN TRIZ EFFECT DATABASE," vol. 9, pp. 1–9, 2018.
- [5] H. C. Pandit, "Jigs and Fixtures in Manufacturing," no. October, 2022, doi: 10.9790/9622-12105055.
- [6] R. B. Jig, F. Suction, C. Untuk, and P. Milling, "Jurnal Pendidikan Teknik MesinUndiksha," vol. 10, no. 2, pp. 212–220, 2022.
- [7] E. J. Ball, M. A. Meller, Z. Zhang, J. Che, H. Wang, and Y. Jia, "Development of stitching jigs for sleeve button placket and sleeve buttonhole placket in men ' s formal shirt Development of stitching jigs for sleeve button placket and sleeve buttonhole placket in men ' s formal shirt," 2021, doi: 10.1088/1757-899X/1091/1/012002.
- [8] H. Radhwan, M. S. M. Effendi, M. Farizuan Rosli, Z. Shayfull, and K. N. Nadia, "Design and Analysis of Jigs and Fixtures for Manufacturing Process," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 551, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1757-899X/551/1/012028.
- [9] A. Shrivastava and N. J. Shyam, "Design of a Versatile Jig and Fixture for Welding of Suspension Arms," *Int. Res. J. Eng. Technol.*, pp. 625–630, 2020, [Online]. Available: www.irjet.net
- [10] H. Prasetyo, R. Rispianda, and H. Adanda, "Rancangan Jig Dan Fixture Pembuatan Produk Cover on-Off," *Teknoin*, vol. 22, no. 5, pp. 350–360, 2016, doi: 10.20885/teknoin.vol22.iss5.art4.
- [11] O. Mihaylov and G. Nikolcheva, "AN INTEGRATED RBR FIXTURE DESIGN SYSTEM," pp. 1175–1180, 2017.
- [12] T. D. Darmawan, I. Priadythama, and L. Herdman, "Conceptual design of modular fixture for frame welding and drilling process integration case study : Student chair in UNS industrial engineering integrated practicum Conceptual design of modular fixture for frame welding and drilling process integration case study : Student chair in UNS industrial engineering integrated practicum," no. October, 2018, doi: 10.1063/1.5024092.
- [13] "SIX OF DEGREE."