

Perancangan Universal Jig Rotary Underframe Kereta PT. Industri Kereta Api Madiun

Wahyu Dwi Kurniawan¹, Nur Kholish Ali Fahmi², Tarmuji³

^{1,2} Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia

³ PT. Industri Kereta Api, Madiun, Indonesia

wahyukurniawan@unesa.ac.id

Abstrak

Kualitas produksi kereta PT. Industri Kereta Api (INKA) sudah diakui sampai ke tingkat Internasional. Hal ini ditandai dengan kemampuan PT. INKA mendapatkan tender-tender proyek di kawasan Asia Tenggara. Dalam menjaga kualitas produksi kereta api, salah satu parameter kereta api itu baik atau tidak adalah dari tingkat kenyamanan yang dirasakan oleh penumpang dan dari bentuk desain kereta api tersebut. Untuk menjaga kekuatan konstruksi kereta api, maka hal – hal yang mengganggu kekuatan seperti dimensi dan kepresisian kereta api khususnya pada bagian underframe kereta harus diperhatikan. Oleh sebab itu underframe kereta tidak hanya dikerjakan dan dianalisa oleh satu orang saja, untuk memperoleh kekuatan tersebut ada banyak orang yang diperlukan untuk melakukan analisa dan membuat alat penepat berupa jig pada pembuatan bagian kereta khususnya underframe untuk memperoleh kepresisian yang maksimal. Dalam hal ini juga jig rotary yang direncanakan untuk mempermudah dalam pengerjaan, khususnya dalam pengerjaan pengelasan bagian bawah underframe yang selama ini underframe diangkat crain dan dibalik secara manual atau dikerjakan dengan pengelasan posisi atas kepala. Konsep desain universal jig rotary underframe kereta ini dirancang untuk menempatkan dan menepatkan, membalik dan untuk mempermudah pengelasan bagian sisi sulit underframe terutama pengelasan atas kepala, sehingga mengurangi bahaya pengelasan. Pada desain universal jig rotary underframe ini memperlihatkan bagaimana mekanisme putar, mekanisme transmisi, mekanisme pencekam pada pencekam ujung dan mekanisme mencekam pada rotary. Perencanaan konsep desain universal jig rotary underframe ini hanya mengetahui tingkat kekuatan konstruksi secara visual dan pengalaman pembuatan jig rotary yang sudah ada di PT INKA Madiun.

Kata kunci: universal, jig rotary, underframe, kereta api

Abstract

The quality of PT. Industri Kereta Api (INKA) train production has reached international levels. This is indicated by PT. INKA ability to obtain project tenders in the Southeast Asian region. In the quality of train production, one of the parameters of the train is whether or not it is from the level of comfort received by the passenger and from the design of the train. To maintain train strength, things that draw strength such as dimensions and precision of special trains in the underframe of the train must be considered. Therefore the undercarriage of the train is not only done and analyzed by one person alone, to obtain the strength needed to do the analysis and make an appropriate tool about making jigs in the manufacture of train parts as needed to obtain maximum precision. In this case also the approved rotary jig is also to facilitate the workmanship, specifically in working under the bottom underframe that has been lifted crain and reversed manually or done by welding the top of the head. The universal jig rotary underframe train jig design concept is designed to place and adjust, turn over and to facilitate welding of difficult underframe sides especially welding over the head, thereby reducing welding hazards. The universal design of the rotary underframe jig shows how the rotary mechanism, the transmission mechanism, the grip mechanism on the end grip and the grip mechanism on the rotary. The design concept of the universal design of the rotary underframe jig only knows the level of construction strength visually and the experience of making the rotary jig that already exists at PT INKA Madiun.

Keyword: universal, jig rotary, underframe, train.

I. PENDAHULUAN

Pada umumnya tujuan akhir dari suatu perusahaan adalah untuk memperoleh

keuntungan, keberlanjutan dan pengembangan usaha. Di sisi lain ada tuntutan konsumen yang harus dipenuhi perusahaan. Tuntutan konsumen

pada umumnya meliputi kualitas baik, harga murah, penyerahan tepat volume dan waktu, produk fleksibel dan *variatif*. Supaya tujuan kedua belah pihak (produsen dan konsumen) terpenuhi maka perusahaan harus mampu membuat perencanaan dan pengendalian produksi dengan memperhatikan semua tujuan tersebut.

PT Industri Kereta Api selaku perusahaan milik negara atau BUMN dan satu-satunya di Indonesia yang bertanggung jawab dalam memproduksi kereta api di Indonesia. Kualitas produksi kereta PT Industri Kereta Api sudah diakui sampai ke tingkat Internasional. Hal ini ditandai dengan kemampuan PT Industri Kereta Api mendapatkan tender-tender proyek di kawasan Asia Tenggara, seperti pada tahun 2016 PT Industri Kereta Api mendapatkan pesanan kereta api jenis penumpang dari Bangladesh dan tahun 2017 ini PT Industri Kereta Api sudah mendapat pesanan 438 gerbong kereta penumpang dari PT KAI (Kereta Api Indonesia).

Dalam menjaga kualitas produksi kereta api, salah satu parameter kereta api itu baik atau tidak adalah dari tingkat kenyamanan yang dirasakan oleh penumpang dan dari bentuk desain kereta api tersebut. Untuk menjaga kekuatan konstruksi kereta api, maka hal-hal yang mengganggu kekuatan seperti dimensi dan kepresisian kereta api khususnya pada bagian *underframe* kereta harus diperhatikan. Oleh sebab itu *underframe* kereta tidak hanya dikerjakan dan dianalisa oleh satu orang saja, untuk memperoleh kekuatan tersebut ada banyak orang yang diperlukan untuk melakukan analisa dan membuat alat penepat berupa jig pada pembuatan bagian kereta khususnya *underframe* untuk memperoleh kepresisian yang maksimal. Dalam hal ini juga jig rotary yang direncanakan ini juga untuk mempermudah dalam pengerjaan, khususnya dalam pengerjaan pengelasan bagian bawah *underframe* yang selama ini *underframe* diangkat *crain* dan dibalik secara manual atau dikerjakan dengan pengelasan posisi atas kepala.

II. TEORI

A. *Underframe*

Underframe adalah bagian utama beban *bearing* di kereta yang tidak hanya mengalami beban statis tetapi juga dinamis karena ketidak-rataan di lintasan. Ada empat bagian pada *underframe* yang dikerjakan yakni *end underframe (front)*, *end underframe (rear)*, perakitan *underframe* dan pemasangan *keystone*. Pada bagian semua pekerjaan dilakukan dengan

alat bantu seperti las Asitilin, Palu, JIG, Siku dan Alat bantu lainnya.

Jenis dan ukuran dari *underframe* tertentu sangat tergantung tipe dan desain gerbong kereta, karena *underframe* merupakan bantalan utama yang menerima beban paling besar pada sub perakitan kereta. Keseluruhan dimensi dan desain struktur ini memperhitungkan quantum dan olah pembebanan pada kereta serta pertimbangan *track*. Hal ini dapat menentukan basis roda yang diijinkan dan apakah roda empat atau *bogie* akan dibutuhkan untuk membawa muatan yang dibutuhkan. Dengan demikian, saat merancang *underframe*, beban per meter juga diperhitungkan sehingga hal ini diijinkan oleh tipe *track* yang tersedia. Beban *impact* juga mengatur kekuatan *underframe* dan kecepatan pemindahan antar rel yang diijinkan untuk menyusun persediaan barang.

Pada umumnya *underframe* kereta utama terdiri dari dua bagian *longitudinal* luar. *Sole bars* dan dua *head stock* yang diperkuat oleh dua bagian *longitudinal* tengah dan berbagai bagian bersilang. Diagonal dan *gusset plates* melindungi *underframe* terdapat defleksi diagonal dan membantu menyerap dan mendistribusikan beban berlebihan pada bagian yang berbeda. Seperti yang disebutkan, *gusset plates* dan *knees* tersedia pada lokasi kritis untuk memberikan kekuatan tambahan pada sambungan. Keseluruhan struktur di desain dengan beberapa beban yang terdistribusi *uniform* dan tidak ada satu bagian pun yang menahan beban berlebihan dari desain yang dibuat.

Berbagai bagian gulungan digunakan untuk bagian *underframe*. Bagian saluran umumnya digunakan untuk *headstock* dan *sole bars* untuk memudahkan penyesuaian penahanan dan penyangga poros. Pengelasan umumnya digunakan menyambung bagian-bagian *underframe*. Akan tetapi, pada kereta-kereta sebelumnya, *riveting* telah digunakan untuk menyambung bagian-bagian *underframe* tersebut. Dalam kasus *bogie* kereta, *underframe* memiliki bagian silang yang relative kuat dan biasa di sebut *bolster*, untuk pemasangan pivot bagian atas yang bertumpu pada *pivot bogie*.

Underframe dan keseluruhan bagiannya harus benar dan persegi, dan sesuai dengan toleransi manufaktur. Semua *Underframe* diberi lengkungan awal pada saat pembuatan dalam

kondisi pembebanan *actual* agar tidak melengkung. Pemeriksaan menyeluruh dari *underframe* dilakukan pada saat POH. Perbaikan besar, semua cacat, dan kekurangan lainnya harus diperhatikan dengan cermat dan menyeluruh. Cacat dan kekurangan pada umumnya diperhatikan bersamaan dengan perbaikan yang direkomendasikan. (Eko, 2014).



Gambar 1. *Underframe*
(Sumber: PT.INKA, 2018)

B. *Jig and Fixture*

Menurut Hoffman (1996), *jig* dan *fixture* merupakan alat bantu produksi yang digunakan pada proses manufaktur, sehingga dihasilkan duplikasi *part* yang akurat. *Jig* dan *fixture* biasanya dibuat secara khusus sebagai alat bantu proses produksi untuk mempermudah dalam penyetingan material yang menjamin keseragaman bentuk dan ukuran produk dalam jumlah banyak (*mass product*) serta untuk mempersingkat waktu produksi.

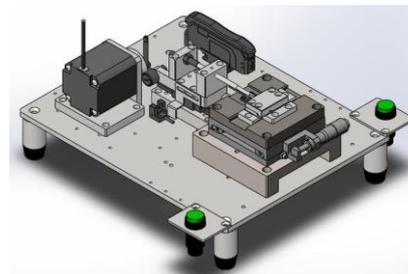
Jig didefinisikan sebagai piranti/peralatan khusus yang memegang, menyangga atau ditempatkan pada komponen yang akan dimesin. Alat bantu produksi yang dibuat tidak hanya menempatkan dan memegang benda kerja tetapi juga mengarahkan alat potong ketika operasi berjalan. *Jig* biasanya dilengkapi dengan *bushing* baja keras untuk mengarahkan mata gurdi/bor (*drill*) atau perkakas potong lainnya. Pada dasarnya, *jig* yang kecil tidak dibaut atau 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 atau setelan alat potong ke benda kerja. *Fixture* harus dipasang tetap ke meja mesin dimana benda kerja diletakkan.

Menurut Rahayu (2013), keduanya memegang benda kerja, tetapi *jig* mengarahkan alat potong ketika operasi berjalan, sedangkan *fixture* tidak. *Fixture* dibuat lebih kuat dan berat dari *jig* dikarenakan gaya perkakas yang lebih tinggi.

Jig dan *fixture* berfungsi sebagai alat 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. (Rahayu, 2013)

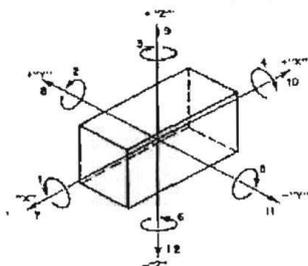


Gambar 2. *Jig and Fixture*
(Sumber: Grabcad)

Rong dan Zhu (1999), menyatakan bahwa sebuah benda kerja terdiri dari beberapa permukaan bidang (*surface*). Pada penggunaan sebuah *fixture*, proses penempatan (*locating*) adalah proses penempatan beberapa permukaan benda kerja hingga bersentuhan dengan *lokator-lokator* yang kemudian dilanjutkan dengan proses pengecaman (*clamping*) benda kerja sehingga benda kerja stabil selama proses pemesinan. Permukaan-permukaan benda kerja yang bersentuhan dengan lokator tersebut disebut dengan *locating surface*.

Pada sebuah benda terdapat 6 derajat kebebasan (*degree of freedom*) pergerakan, yaitu pergerakan *linear* searah atau

berlawanan arah dengan sumbu X,Y dan Z, serta pergerakan rotasi terhadap sumbu X,Y dan Z searah atau berlawanan dengan jarum jam.



Gambar 3. Derajat Kebebasan
(Sumber: Rahayu, 2013)

Rong dan Zhu (1999), menyatakan bahwa pada masing-masing titik kontak dipasang *lokator* yang akan menahan pergerakan benda kerja. berdasarkan prinsip *kinematik*, diperlukan titik kontak dengan benda kerja agar derajat kebebasan terbatas secara penuh. Ke-enam titik kontak atau titik *lokator* tersebut diletakkan pada 3 bidang yang saling tegak lurus, yaitu:

1. Tiga *lokator* diletakkan pada bidang dasar (bidang X-Y), sehingga membatasi derajat kebebasan rotasi terhadap sumbu X dan Y. Bidang ini disebut sebagai bidang *lokator* utama (*primary locating surface*).
2. Dua *lokator* diletakkan pada bidang tegak lurus bidang lokator primer yaitu bidang X-Z, sehingga membatasi derajat kebebasan linear sumbu Y dan derajat kebebasan rotasi terhadap sumbu Z. bidang ini disebut sebagai bidang *lokator* sekunder (*seconder locating surface*).
3. Satu *lokator* diletakkan pada bidang yang tegak lurus pada bidang lokator primer dan bidang *lokator* sekunder. Yaitu bidang Y-Z, sehingga membatasi derajat kebebasan linear sumbu

III. METODE

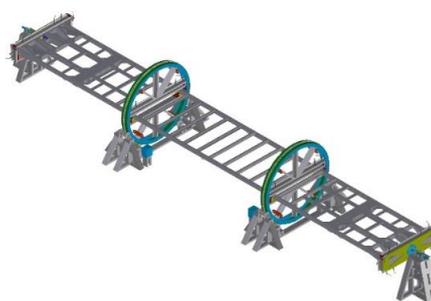
Metode yang digunakan dalam perancangan universal jig rotary underframe kereta di PT. Industri Kereta Api Madiun yaitu metode pengembangan desain produk melalui beberapa tahapan diantaranya: identifikasi masalah, studi literatur, observasi lapangan, pembuatan gambar kerja 3D menggunakan software Inventor 2015 secara bertahap. Desain *universal jig rotary*

underframe kereta dikerjakan mulai dari bagian-bagian terkecil *universal jig rotary underframe* kereta hingga penggabungan dari beberapa bagian-bagian *universal jig rotary underframe* kereta.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

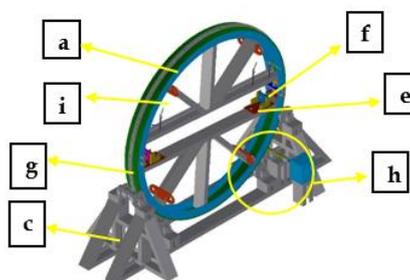
A. Hasil

Berdasarkan hasil perancangan *Universal Jig Rotary Underframe* menggunakan software Inventor 2015, maka diperoleh desain 3D seperti tampak pada Gambar 4.

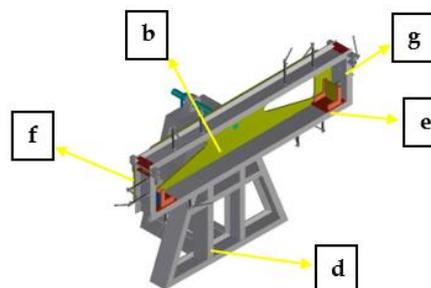


Gambar 4. Desain *Universal Jig Rotary Underframe*

Universal jig rotary underframe ini terdapat dua komponen besar yang sangat penting yaitu *rotary* dan pencekam seperti tampak pada gambar berikut,



Gambar 5. *Rotary Jig* Lengkap Dengan Rangka

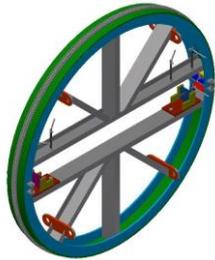


Gambar 6. *Pencekam Jig* Lengkap Dengan Rangka

Keterangan

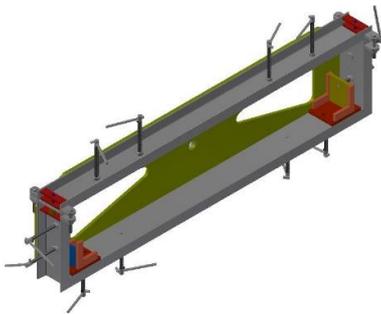
- a. *Rotary Jig* Yang Terhubung Langsung Pada Transmisi.
Rotary digunakan untuk menompang bagian

tengah *underframe* agar *underframe* tidak melengkung, sekaligus *rotary* yang dililitkan rantai permanen yang digunakan untuk transmisi memutar *jig*.



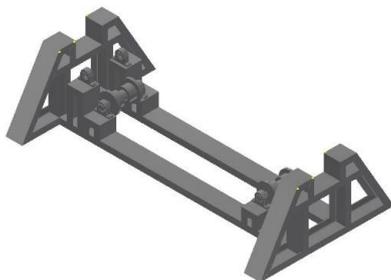
Gambar 7. Rotary Jig

- b. Pencekam Ujung *Underframe*.
Pencekam digunakan untuk mencekam ujung *underframe*, dan untuk menahan bagian ujung *underframe*.



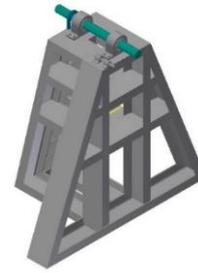
Gambar 8. Pencekam ujung underframe

- c. Stand/Rangka *rotary jig*
Befungsi untuk menahan komponen *rotary* yang juga dipasang *gear* transmisi, dan dilengkapi roda bantalan yang bisa bergerak memutar bebas menahan *underframe*.



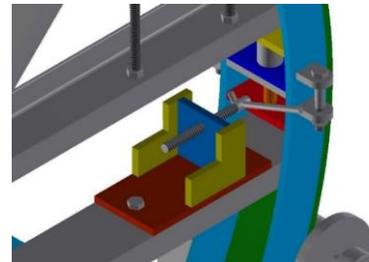
Gambar 9. Rangka *rotary jig*

- d. Stand/Rangka Pencekam
Rangka pencekam digunakan untuk menahan komponen pencekam dan sekaligus *underframe*. Rangka pencekam ini juga didesain terdapat kunci pengaman agar tidak terjadi kecelakaan kerja

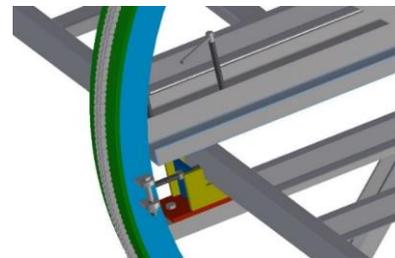


Gambar 10. Rangka pencekam

- e. Adaptor
Adaptor berfungsi untuk menempatkan *underframe* tepat pada tempatnya dan agar *underframe* tidak berubah posisi. Adaptor ini hanya digunakan untuk satu jenis *underframe* saja, ketika berbeda *underframe*, *engineer* hanya mengganti jenis adaptornya saja.

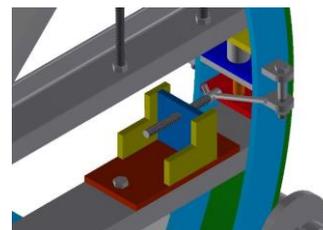


Gambar 11. Adaptor

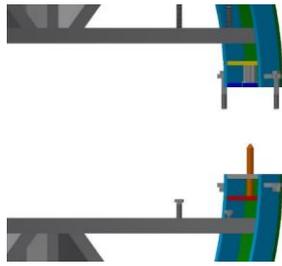


Gambar 12. Adaptor yang sudah terpasang *underframe*

- f. Pin
Pin ini dipasang pada komponen *rotary* dan pencekam. Keduanya memiliki fungsi yang sama, yaitu memusatkan dua *part* yang saling berpasangan agar memudahkan pemasangan *rotary* dan pencekam secara utuh.

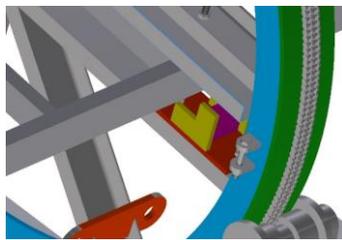


Gambar 13. Pin kunci saat ditutup



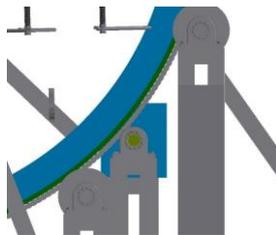
Gambar 14. Pin kunci saat dibuka

- g. Pengunci
Pengunci juga dipasang di *rotary* dan pencekam, digunakan untuk menggabungkan dua *part* yang kemudian dikunci dengan baut agar tidak lepas antara dua *part* tersebut. Pengunci ini dibuat kanan dan kiri agar momen bebannya merata.



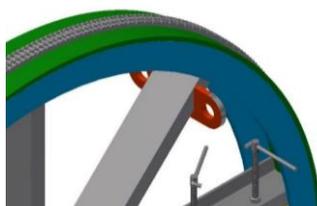
Gambar 15. Pengunci

- h. Transmisi
Transmisi pada *rotary jig* ini menggunakan rantai dan *gear* agar memudahkan proses manufaktur, yang digunakan untuk memutar *rotary jig*.



Gambar 16. Transmisi (Rantai, Gear Dan Gearbox)

- i. Hook
Hook ini dipasang dibagian rangka besi yang menyilang pada *rotary*, yang berfungsi untuk tempat mengaitkan *crane* untuk diangkat saat membuka *rotary*.



Gambar 17. Hook

B. Pembahasan

Pada *Universal Jig Rotary Underframe* kereta ini dirancang menggunakan 4 titik tumpu yaitu pada ujung dan ditengah agar dapat menahan beban berlebih pada *underframe* agar tidak terjadi *deformasi* melengkung

Selama proses produksi (percobaan awal produksi) *underframe* kereta di *workshop*, tidak semua bagian *underframe* kereta yang telah didesain selalu terproses dan tersambung dengan lancar tanpa hambatan. Tidak jarang ditemukan kesulitan-kesulitan pada proses produksi yang sudah diberikan didalam gambar kerja. Kesulitan-kesulitan yang ditemukan dapat muncul pada bagian bawah *underframe* (*single part*) pada pengerjaan pengelasan diatas kepala atau ketika proses penggabungan bagian-bagian bawah *underframe* kereta. Kesulitan tersebut dapat disebabkan karena alat atau material yang tersedia dilapangan tidak mendukung, proses manufaktur yang tidak dapat dilakukan mungkin karena terlalu sulit untuk dilakukan atau mungkin karena proses manufakturnya yang terlalu beresiko, atau karena alat pendukung berupa jig yang dibutuhkan belum tersedia. Sehingga ketika ditemukan kesulitan pada proses manufakturnya maka kesulitan pengerjaan pada proses pengelasan yang terdapat pada lapangan tersebut perlu ditindak lanjuti dengan adanya penerapan *jig and fixture* tipe *rotary* untuk memutar *underframe* dan memperlihatkan bagian bawah *underframe* agar memudahkan proses pengelasan.

Pengerjaan manufaktur khususnya pengelasan *underframe* kereta harus memenuhi prosedur revisi dimensi pada gambar kerja yang telah diterbitkan (*release*) di PT Industri Kereta Api juga harus dilakukan.

Semua proses produksi yang berada di *workshop* sangat terbantu dengan adanya jig sebagai alat penepat dan pemegang benda kerja produksi dalam rangka membuat penggandaan komponen secara tepat dan akurat. Selama mengerjakan desain konsep *universal jig rotary underframe* tidak jarang ditemukan kesulitan-kesulitan yang harus sesuai dengan kebutuhan *underframe* yang meliputi kesesuaian dimensi dan *JIG* harus mampu menahan beban *underframe* kurang lebih 6-8 Ton.

V. SIMPULAN

Perencanaan konsep desain *universal jig rotary underframe* kereta ini dirancang untuk menempatkan dan menepatkan, membalik dan untuk mempermudah pengelasan bagian sisi sulit *underframe* terutama pengelasan atas kepala, sehingga mengurangi bahaya pengelasan. Pada desain *universal jig rotary underframe* ini memperlihatkan bagaimana mekanisme putar, mekanisme transmisi, mekanisme pencekam pada pencekam ujung dan mekanisme mencekam pada *rotary*. Komponen *universal jig rotary underframe* kereta secara garis besar dibagi menjadi 2 komponen besar yaitu; bagian *rotary* dan pencekam. Perencanaan konsep desain *universal jig rotary underframe* ini hanya mengetahui tingkat kekuatan konstruksi secara visual dan pengalaman pembuatan *jig rotary* yang sudah ada di PT INKA Madiun.

REFERENSI

- Edgar G. Hoffman. 1996. *Jig and Fixture Design*. 5th Edition. Delmar. USA.
- Eko, Aris. 2014. *Proses Sub Assembly Underframe kerets Bagasi Di Bagian Perakitan II PT INKA (Persero) Madiun*. Madiun.
- Groover, MP. 1994. *Automation, Production Systems, and Computer Integrated Manufacturing*. Prentice Hall.
- Indiyanto, Rus. 2008. *Pengantar Perencanaan Dan Pengendalian Produksi*.
- PT INKA. 2010. *Proses Produksi PT INKA (Persero)*. Madiun.
- Rahayu, Aceng. 2013. *Pembuatan Tapping Lower Bracket Jig Di PT Sari Takagi Elok Produk*. Yogyakarta.
- Rong and Zhu. 1999. *Computer Aided Fixture Design*. Dekker. New York.